

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra robotiky

# **Pneumatické pohonné jednotky pro robotiku**

Pneumatic Power Units for Robotics

Student:	Tereza Hanáková
Osobní číslo:	HAN0262
Vedoucí bakalářské práce:	doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ostrava 2020

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tereza Hanáková**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2301R013 Robotika

Téma: **Pneumatické pohonné jednotky pro robotiku**  
**Pneumatic Power Units for Robotics**

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu řešené problematiky.
2. Navrhněte manipulátor postavený na bázi vhodných pneumatických prvků.
3. Navržený manipulátor rozpracujte dle instrukcí vedoucího práce.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vyučujícího).

### Seznam doporučené odborné literatury:

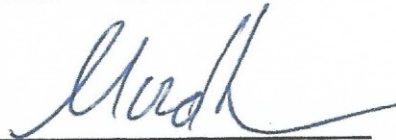
1. Burkovič, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2004. 110 s. ISBN 80-248-0709-2.
2. Talácko, J.-Matička, R. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. ČVUT, Praha, 1995. 236 s. ISBN 80-01-01291-3.
3. Burkovič, J. *Navrhování robotizovaných montážních linek*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 163 s. ISBN 978-80-24-1869-6.
4. ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
5. ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

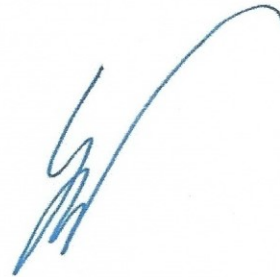
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Mihola, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020.

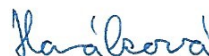
  
.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020.



Podpis studenta

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HANÁKOVÁ, T. Pneumatické pohonné jednotky pro robotiku: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2020, 56 s. Vedoucí práce: Mihola, M.

Bakalářská práce se zabývá problematikou pneumatických pohonných jednotek v robotice. V úvodu jsou stručně popsány základní druhy pohonů využívaných v robotice, zmíněny jejich obecné výhody a nevýhody. Následující dvě kapitoly se zabývají čistě pneumatickými pohony, jejich rozdělením, popisem jednotlivých typů, prvky pro jejich řízení a regulaci. Na základě teoretické části byly vybrány vhodné pohony a další komponenty pro sestavení manipulátoru, jehož manipulační úlohou je zakládat vejce do obalů. Správnost výběru pohonů byla ověřena v simulaci, která byla provedena pomocí softwaru jejich výrobce. Výsledkem této práce je 3D model pracoviště s manipulátorem, který je v příloze práce.

## ANOTATION OF BACHELOR THESIS

HANÁKOVÁ, T. Pneumatic Power Units for Robotics: bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2020, 56 p. Thesis head: Mihola, M.

The bachelor thesis deals with the issue of pneumatic power units in robotics. In the introduction, there are briefly described basic power units used in robotics, mentioned their general advantages and disadvantages. The next two chapters focus on pneumatic power units, their distribution, description of their types, components used for their regulation and control. Based on the theoretical part, suitable components were selected for the assembly of a manipulator, whose handling task is to place eggs in packs. These components were tested in a simulation performed using the manufacturer's software. The result of this work is a 3D model of a workplace with a manipulator, which is in the attachment.

# Obsah

Seznam použitých značení a symbolů .....	3
Seznam obrázků .....	4
Seznam tabulek .....	6
1. Základní popis a dělení pneumatických pohonů.....	9
1.1 Pneumatické pohony lineární .....	9
1.1.1 Válce s pístnicí .....	10
1.1.2 Bezpístnicové válce .....	12
1.1.3 Kompaktní pneumatické suporty .....	13
1.2 Pneumatické pohony kyvné .....	14
1.2.1 Křídlový kyvný pohon .....	14
1.2.2 Kyvné pohony s ozubeným hřebenem a pastorkem .....	14
1.2.3 Kyvné pohony se dvěma písty .....	15
1.3 Pneumatické pohony speciální .....	15
1.3.1 Membránové a měchové pohony .....	15
1.3.2 Fluidní svaly .....	17
1.3.3 Středící jednotky .....	17
2. Prvky sloužící k ovládání pneumatických pohonů .....	18
1.4 Ventily dle funkce .....	18
1.4.1 Ventily pro řízení směru proudu vzduchu .....	18
1.4.2 Ventily pro uzavření proudu vzduchu .....	21
1.4.3 Ventily pro řízení tlaku vzduchu .....	22
1.4.4 Ventily pro řízení průtoku vzduchu .....	23
1.5 Ventily dle konstrukce .....	25
1.6 Proporcionální ventily .....	26
1.6.1 Proporcionální redukční ventil VPPM.....	26
1.6.2 Proporcionální průtokový ventil VPCF .....	27
3. Návrh manipulátoru s využitím pneumatických prvků.....	28
1.7 Rozvržení pracoviště .....	28
1.8 Objekt manipulace .....	29
4. Návrh efektoru .....	30

1.9	Výběr přísavky .....	30
1.10	Výběr ejektoru .....	32
5.	Výběr pohonu pro vertikální pohyb.....	34
6.	Výběr pohonu pro horizontální pohyb.....	39
7.	Celková sestava.....	44
8.	Závěr .....	45
	Seznam použitých zdrojů a literatury .....	47
9.	Seznam příloh .....	50



## Seznam použitých značení a symbolů

$D$	(mm)	vybraný průměr přísavky
$D_t$	(mm)	teoretický průměr přísavky
$F_g$	(N)	gravitační síla
$g$	(m/s <sup>2</sup> )	gravitační zrychlení
$m_{OM}$	(kg)	hmotnost objektu manipulace
$n$	(-)	počet přísavek
$p$	(kPa)	vakuum
$s$	(-)	součinitel bezpečnosti
$\pi$	(-)	Ludolfovo číslo

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Rozdělení pneumatických motorů.....	9
Obrázek 2.2 Porovnání pneumatických válců [1].....	10
Obrázek 2.3 Základní části jednočinného pneumatického válce zobrazeny v řezu [18].....	10
Obrázek 2.4 Řez dvojčinným pneumatickým válcem [4].....	11
Obrázek 2.5 Řez bezpístnicovým válcem s magnetickým přenosem síly [18].....	12
Obrázek 2.6 Řez epístnicovým pneumatickým válcem s mechanickým přenosem síly s externím vedením [18].....	13
Obrázek 2.7 Kompaktní suport od společnosti SMC [15].....	13
Obrázek 2.8 Znázornění funkce kyvného křídlového pohonu s jedním křídlem (vlevo) a dvěma křídly (vpravo) [16] .....	14
Obrázek 2.9 Řez kyvným pohonem s ozubeným hřebenem a pastorkem [18].....	15
Obrázek 2.10 Řez kyvným pohonem se dvěma písty [19] .....	15
Obrázek 2.11 Řez jednoduchým měchem [20].....	16
Obrázek 2.12 Řez jednočinným membránovým pohonem [25] .....	16
Obrázek 2.13 Řez fluidním svalem [22].....	17
Obrázek 2.14 Středicí jednotka od společnosti SMC [23].....	17
Obrázek 3.1 Blokové schéma rozdělení ventilů dle jejich funkce.....	18
Obrázek 3.2 Schématická značka 3/2 ventilu N.C. [18] .....	19
Obrázek 3.3 Ventil s přímým mechanickým ovládním [26].....	19
Obrázek 3.4 Ventil s nepřímým elektromagnetickým ovládním [27] .....	20
Obrázek 3.5 Vlevo-schématická značka zpětného ventilu, vpravo-zpětný ventil [28].....	21
Obrázek 3.6 Vlevo-funkční řez logickým ventilem AND [29], vpravo-schématická značka logického ventilu AND .....	21
Obrázek 3.7 Vlevo-funkční řez logickým ventilem OR [29], vpravo-schématická značka logického ventilu OR .....	22
Obrázek 3.8 Funkční řez regulátorem tlaku [1] .....	22
Obrázek 3.9 Regulátor tlaku [30] .....	23
Obrázek 3.10 Vlevo-schématická značka škrticího ventilu, vpravo-funkční řez škrticím ventilem [29].....	23
Obrázek 3.11 Schéma škrcení na vstupu do jednočinného válce .....	24
Obrázek 3.12 Schéma škrcení na výstupu dvojčinného válce .....	24
Obrázek 3.13 Vlevo-funkční řez sedlovým ventilem [18], vpravo-funkční řez šoupátkovým ventilem [18].....	25
Obrázek 3.14 Schématická značka ventilu VPPM-vlevo, ventil VPPM-vpravo [35] .....	26
Obrázek 3.15 Schématická značka ventilu VPCF-vlevo, ventil VPCF-vpravo [36].....	27
Obrázek 4.1 Předběžné schéma rozvržení pracoviště manipulátoru .....	28
Obrázek 4.2 Naznačení rozměrů OM .....	29
Obrázek 5.1 Vybraná přísavka.....	31

Obrázek 5.2 Rozbor sil působících na OM v průběhu vertikálního pohybu .....	32
Obrázek 5.3 Vybraný ejektor.....	33
Obrázek 5.4 Závislost velikosti vakua na velikosti provozního tlaku [41] .....	33
Obrázek 6.1 Výstřižek z katalogu výrobce [42] .....	34
Obrázek 6.2 Hmotnost efektoru s vejci a poloha těžiště.....	34
Obrázek 6.3 Záložka pro nastavení parametrů systému vertikálního pohonu .....	35
Obrázek 6.4 Záložka pro výběr válce pro vertikální pohyb .....	36
Obrázek 6.5 Záložka pro nastavení simulace systému pohonu pro vertikální pohyb.....	37
Obrázek 6.6 Záložka s výsledky simulace pohonu pro vertikální pohyb .....	38
Obrázek 6.7 Záložka s díly potřebnými pro provoz či řízení pohonu DFM.....	38
Obrázek 7.1 Hmotnost a poloha těžiště efektoru s vejci, ejektory a pohonem DFM .....	39
Obrázek 7.2 Záložka pro nastavení parametrů systému horizontálního pohonu .....	40
Obrázek 7.3 Záložka pro výběr válce pro horizontální pohyb .....	41
Obrázek 7.4 Záložka pro nastavení simulace systému pohonu pro horizontální pohyb.....	42
Obrázek 7.5 Záložka s výsledky simulace pohonu pro horizontální pohyb .....	43
Obrázek 7.6 Záložka s díly potřebnými pro provoz či řízení pohonu DGC .....	43
Obrázek 8.1 Celková konstrukce manipulátoru s periferiemi .....	44

## Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Nejčastěji používaná značení vstupních a výstupních otvorů ventilů [1].....	20
Tabulka 4.1 Parametry OM [39].....	29
Tabulka 5.1 Přehled materiálů přísavek a jejich vlastností od firmy Festo [40] .....	30

## Úvod

Pohony jsou odjakživa potřebnou a nedílnou součástí pro chod mechanismů. Dříve se pro uvedení mechanismů do pohybu používala lidská či zvířecí síla. S nástupem první průmyslové revoluce a industrializace průmyslu se stroje a s nimi i pohony zapsaly do lidských životů výrazněji. Do výroby se začlenil parní stroj a s ním i první mechanický tkací stav. Ruční výroba v manufakturách přešla na strojní velkovýrobu. Se vznikem nových průmyslových odvětví došlo také k vynalézání a začleňování do výroby nových typů pohonů jako jsou například pneumatické, hydraulické či elektrické [31].

Je-li třeba pohon definovat, jedná se o zařízení sloužící k přeměně jedné formy energie na druhou. Pneumatický pohon například využívá kinetické, či potenciální energie stlačeného vzduchu a převádí ji na mechanickou práci.

V robotice se obecně využívají tři typy pohonů, a to hydraulické, pneumatické a elektrické (servo)motory. Každá tato skupina má své specifické vlastnosti, které předurčují oblasti jejího využití [13].

Hydraulické pohony jsou obecně vhodné do aplikací, kde je třeba realizovat větší síly, pohybovat objekty s vyšší hmotností či do prostředí, které není náročné na čistotu provozu. Tyto pohony mívají relativně jednoduché a robustní konstrukce. Vzhledem k nestlačitelnosti kapaliny může hydraulický pohon držet sílu či krouticí moment i bez provozu hydraulického čerpadla. Čerpadlo může být umístěno ve větší vzdálenosti od pohonu a přesto nebude docházet ke znatelným ztrátám tlaku v systému. Nevýhodou těchto pohonů je určitě vyšší cena. Ta je odvislá od přesnosti výroby, ale také od vysokého počtu prvků, které jsou potřebné k jejich provozu - jedná se například o různé ventily, čerpadlo, nádrž, chladič, apod. Hydraulické pohony jsou také velmi náchylné na čistotu pracovní kapaliny. Je dokázáno, že až 80 % poruch hydraulických systémů úzce souvisí se špatným stavem pracovní kapaliny. Ta by měla být čistá a nejlépe bez bublin. Vzhledem k tomu, že viskozita kapaliny závisí na okolní teplotě, jsou hydraulické pohony také závislé na teplotě pracovního prostředí. Není možné je využívat ani v prostředí s možností výbuchu, protože hydraulická kapalina je hořlavá. Poslední z hlavních nevýhod je nebezpečí úniku pracovní kapaliny. Pakliže dojde k úniku hydraulického oleje do okolí, může dojít k jeho značnému znečištění, ohrožení životního prostředí, ohrožení zdraví obsluhy či poškození znečištěných částí stroje [32], [33].

Elektrické (servo)motory se využívají zejména u robotů se střední nosností. Vyznačují se především dobrou regulovatelností a nabízejí velmi vysokou přesnost řízení polohy. Jsou to ideální pohony pro polohování i mimo koncové polohy. Mají dobrou účinnost, nízkou hmotnost, nejsou náročné na údržbu a lze je krátkodobě přetěžovat. Na rozdíl od tekutinových pohonů, při jejich provozu nehrozí úniky pracovních tekutin. Jejich provoz je tichý, čistý a zdroj elektrické energie je snadno dostupný. Jednou z hlavních výhod je, že při práci s těmito pohony hrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Další nevýhodou jsou vysoké jmenovité otáčky. Elektromotor je třeba doplnit o mechanický převod, aby výstupní otáčky byly nižší [13], [33], [34].

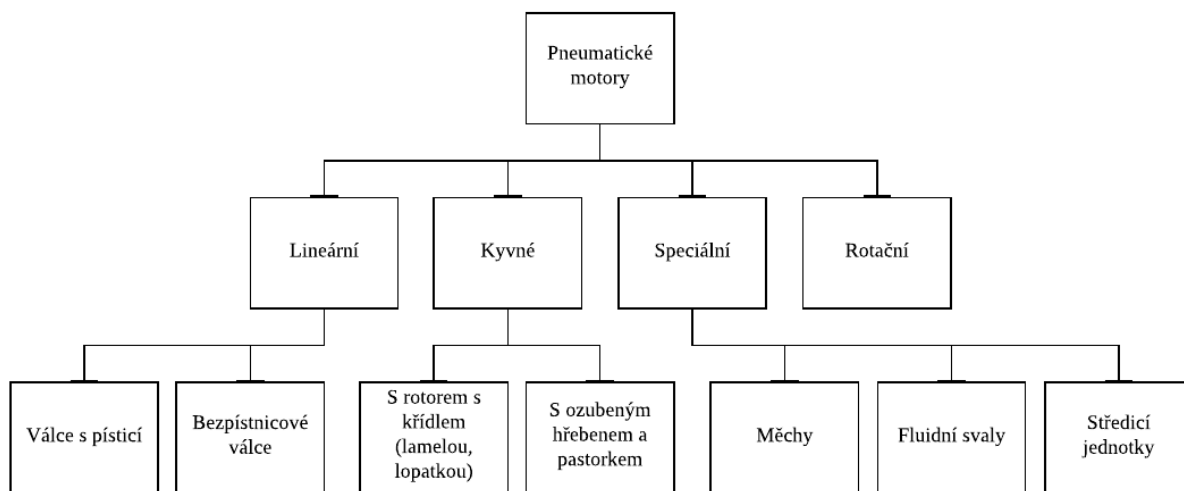
Pneumatické pohony jsou nejvíce využívány pro menší roboty. Obecně se používají tam, kde stačí malé či střední síly a je požadován pohyb s vysokou frekvencí. Jsou odolné vůči přetížení a mohou pracovat ve velkém rozsahu teplot okolí. Jejich podobnost s hydraulickými pohony je značná. Často mají podobnou konstrukci, princip fungování či prvky pro jejich řízení. Pneumatické pohony a mechanismy však pracují s podstatně nižšími tlaky, a to do 0,6MPa. Jak již bylo zmíněno, tyto pohony pracují s vysokou rychlostí a zrychlením. To je umožněno právě díky kombinaci nízké hmotnosti pohybujících se částí pneumatik a velkou rozpínavostí stlačeného vzduchu. Pneumatické pohony se při provozu nezahřívají a proto je lze bez obav využít například ve výbušném prostředí či v prostředí se zvýšeným požárním nebezpečím. Dojde-li k úniku stlačeného vzduchu, nehrozí obsluze větší nebezpečí. Dnes se většinou stlačený vzduch nepřimazává, a tak není třeba odpadní větve. Vzduch může být vypuštěn do atmosféry [1], [14], [33].

Mezi hlavní nevýhody pneumatických pohonů je třeba uvést, že zdroj energie – stlačený vzduch, se řadí mezi nejdražší energie pro pohonné jednotky. Stlačený vzduch je dodáván kompresory, který bývají hlučné. Mimo to, že je třeba stlačený vzduch vyrobit, je třeba jej před vstupem do obvodu upravit, zbavit mechanických nečistot a vlhkosti. K tomu se využívá jednotek pro úpravu vzduchu, které převážně zahrnují regulátor tlaku, filtr, dříve i mazničku. Modernější pneumatické prvky totiž nevyžadují přimazávání, neboť jsou samy opatřeny trvalou náplní maziva, která by jim měla vystačit po dobu jejich životnosti. Vzhledem ke stlačitelnosti vzduchu jsou také pneumatiky méně efektivní než jiné typy pohonů. Při nižších tlacích je rychlost pohybu nízká a síla jimi vyvozena malá. Aby bylo možné tyto pohony přesně ovládat, je třeba využít proporcionálních ventilů, které jsou drahé a přidávají na složitosti ovládání [1], [12], [33].

# 1. Základní popis a dělení pneumatických pohonů

Pneumatické motory, také známé jako pneumotory, jsou výstupními prvky ve vzduchových mechanismech. Slouží k přeměně energie stlačeného vzduchu na mechanickou práci. Protože stlačený vzduch je nositelem jak tlakové (potenciální), tak i kinetické (pohybové) energie, lze motory primárně dělit na pneumostatické a pneumodynamické. Pneumostatické motory využívají energie tlakové, pneumodynamické využívají energie kinetické. Pneumodynamické pohony jsou však využívány velmi zřídka a v práci nebudou dále rozvedeny [45].

V této kapitole jsou rozděleny pneumatické pohony dle pohybu výstupního členu. To je patrné z blokového schéma, viz Obrázek 1.1.



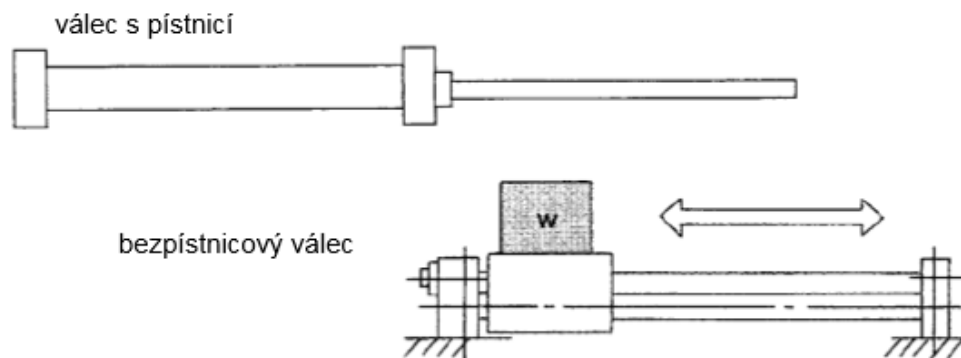
Obrázek 1.1 Rozdělení pneumatických motorů

Rotační pneumotory se v robotice téměř nevyužívají, proto v této práci také nebudou dále rozvedeny. Své uplatnění však nachází například v ručním nářadí.

## 1.1 Pneumatické pohony lineární

Lineární pohyb je realizován pneumatickými válci, které fungují na principu Pascalova zákona. Ty mohou být dvojího typu, a to válce s pístnicí a bezpečnostní, které mají místo pístnice stůl, pohybující se kolem těla válce. Oba typy jsou uvedeny na Obrázek 1.2 [1].

Své využití tyto pohony nachází například v automatizovaných linkách jako různé zářezky, slouží pro přesunutí, upnutí či odsunutí/přisunutí objektu.



Obrázek 1.2 Porovnání pneumatických válců [1]

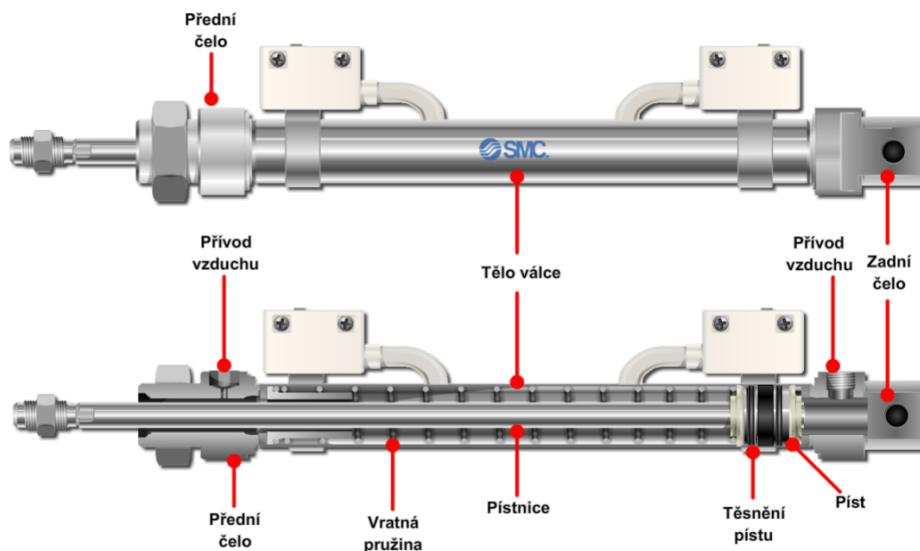
Pneumatické válce lze dělit i podle počtu přívodů stlačeného vzduchu. Dle tohoto hlediska lze dělit na jednočinné a dvojčinné. Výrobci tyto konstrukce různě kombinují. Dále je uvedeno několik elementárních typů konstrukcí, které jsou nejčastěji používány.

### 1.1.1 Válce s pístnicí

#### *Jednočinné válce s pístnicí*

Jednočinný válec má pouze jeden přívod stlačeného vzduchu, který zajišťuje pohyb v jednom směru. Do své výchozí polohy je píst vrácen mechanicky, nejčastěji pomocí pružiny. Síla, která je vyvinuta tlakem na plochu pístu působí právě v jednom směru. Tato síla dle provedení může být tažná nebo tlačná. Jejich vnitřní uspořádání lze vyčíst z Obrázek 1.3. Jednočinné válce se používají standardně pro zdvihy do 50mm, existují však i pro zdvihy větší [2].

Lze je najít jako upínače polotovarů, vyhadzovače u různých přípravků k podávání polotovarů, jejich zvedání a pro další operace. Ve srovnání s dvojčinnými válci je jejich spotřeba stlačeného vzduchu nižší. Nevýhodou je však, že síla při vysouvání či zasouvání pístnice je snížena o sílu potřebnou k překonání síly pružiny. Kvůli pružině jsou také jednočinné válce delší (o rozměr pružiny) než dvojčinné, ač mají stejný průměr a zdvih [2].



Obrázek 1.3 Základní části jednočinného pneumatického válce zobrazeny v řezu [18]

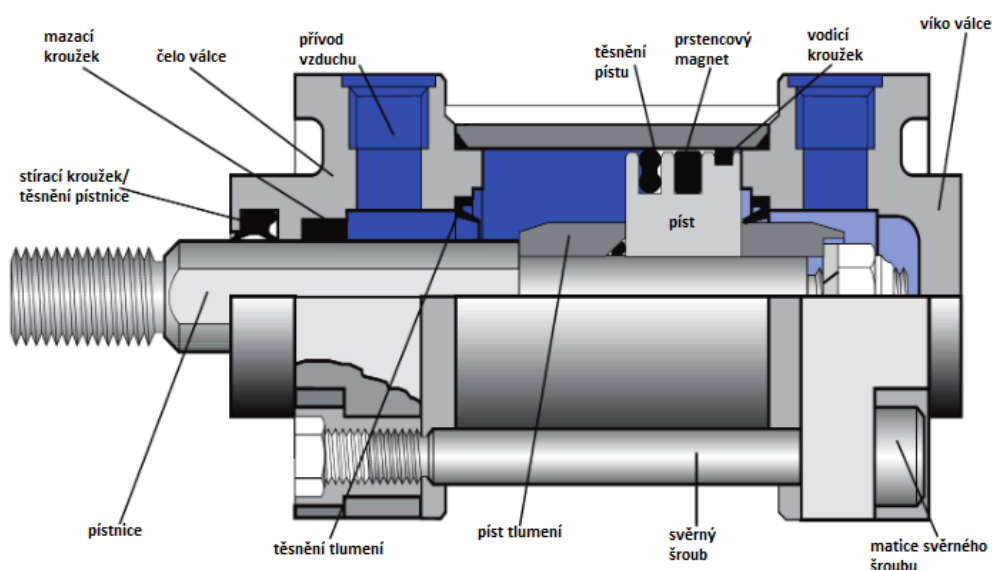


### *Dvojčinné válce s pístnicí*

Stlačený vzduch je v tomto provedení přiveden z obou stran pístu, takže jsou díky němu realizovány oba pohyby (vysunutí i zasunutí pístnice). Díky tomu mohou tyto válce dosahovat daleko větších zdvihů než jednočinné a to až 2000mm. Zdvih dvojčinných pneumatických válců je však teoreticky omezen pouze s ohledem na průhyb a vzpěrnou délku pístnice [2], [5].

Při zasouvání pístnice vyvinou dvojčinné pneumatické válce menší sílu než vysouvání. Je to způsobeno tím, že tlak vzduchu působí při zasouvání na menší plochu než při vysouvání – plocha pístu je zmenšena o plochu pístnice [2].

Využívají se v aplikacích, kde má mechanismus konat práci i při zpětném pohybu. Funguje tedy jako tlačný i tažný element. Konstrukce tohoto válce je zobrazena na Obrázek 1.4.



Obrázek 1.4 Řez dvojčinným pneumatickým válcem [4]

### *Další provedení pneumatických válců s pístnicí*

- Válce s průchozí pístnicí – válec je odolnější vůči radiálnímu zatížení pístnice (necitelnost na radiální zatížení pístnice),
- válce s pístnicí s nekrhovým průřezem – pístnice je zajištěna proti pootočení,
- tandemové válce – vyvození větších sil při menších vnějších rozměrech válce (sériové zapojení válců) [7],
- válce s brzdou – lze zastavit pístnici v jakékoliv poloze,
- vícepolohové válce – dosažení více poloh (tří, či čtyř polohové),
- válce se dvěma písty – vyvození větších sil při menších vnějších rozměrech válce (paralelní zapojení válců).

### 1.1.2 Bezpístnicové válce

Bezpístnicové válce jsou pneumatické válce, u kterých je akčním členem jezdec (také vozík či suport), posouvající se po vrchní části lineárního pohonu. Síla, jenž je vyvinuta tlakem vzduchu na píst se přenáší na pohyblivý suport různými způsoby. Dle toho lze dělit tyto válce na:

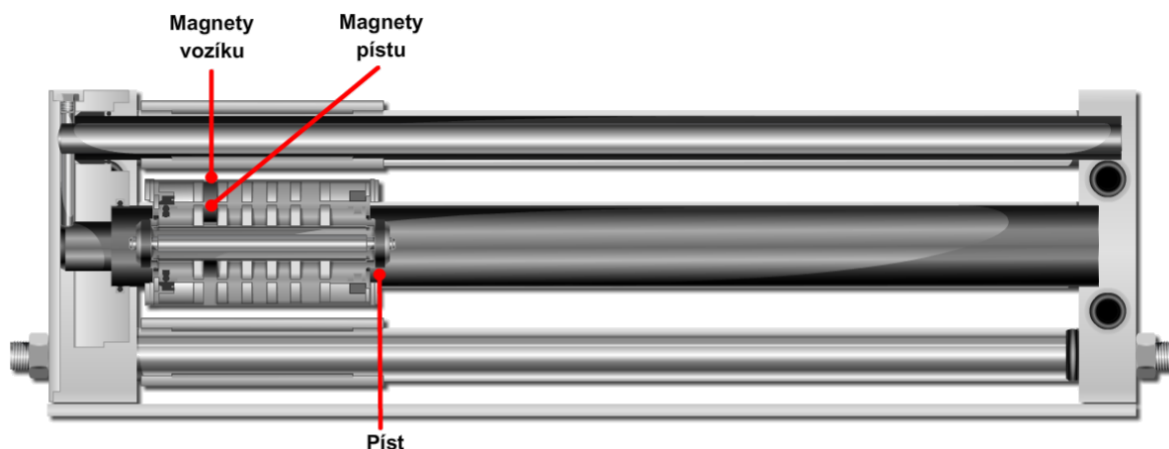
- bezpístnicové válce s magnetickým přenosem síly,
- bezpístnicové válce s mechanickým přenosem síly.

Na rozdíl od pneumatických válců s pístnicí mohou tyto dosáhnout daleko větších zdvihů. Například standardní pneumatický válec se zdvihem 500mm má celkovou délku s vysunutou pístnicí cca 1200mm. Na druhou stranu bezpístnicový pneumatický válec se stejným průměrem a stejným zdvihem je pouze 700mm dlouhý. Proto jsou využívány hlavně tam, kde jsou vyžadovány velké zdvihy v omezeném prostoru. Vyrábí se se standardním zdvihem až 8500mm [1], [10].

#### *Bezpístnicové válce s magnetickým přenosem síly*

U těchto pneumatických pohonů je spojení pístu s vozíkem zajištěno pomocí magnetické vazby, Obrázek 1.5. V těle vozíku je uloženo několik magnetů, které jsou spojeny pomocí magnetických sil se souborem magnetů v pístu válce. Tyto soubory magnetů jsou nesouhlasně orientovány. Síla, kterou je bezpístnicový válec s magnetickým přenosem síly schopen vyvinout, aniž by se magnetická vazba přerušila, je závislá na magnetické síle magnetů. Narazí-li suport vysokou rychlostí na pevný doraz, může dojít k tzv. utržení pístu, což je přerušení spojení magnetických siločar, aniž by došlo k poškození válce. K tomu však nedojde, pracuje-li mechanismus při běžném provozním tlaku.

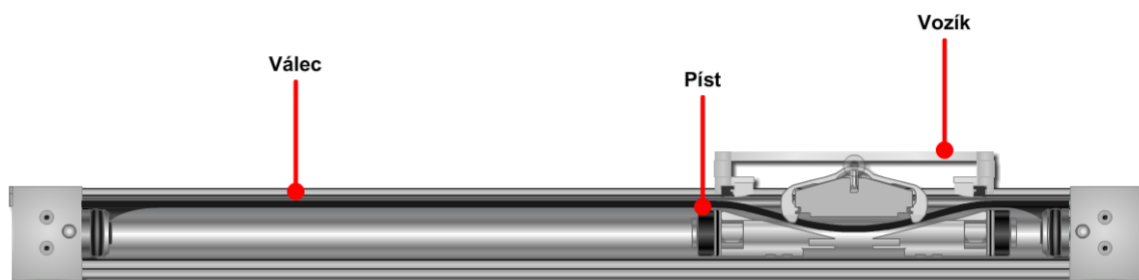
Mechanismus, který je poháněn tímto válcem nelze spojit přímo se suportem. Je třeba, aby měl mechanismus vlastní vedení a s jezdcem byl spojen pomocí ramene. Hmotnost břemene (mechanismu) poté ovlivňuje délku ramene. Čím větší je hmotnost břemene, tím menší musí být rameno mezi ním a suportem [1], [2].



Obrázek 1.5 Řez bezpístnicovým válcem s magnetickým přenosem síly [18]

### *Bezpečnostní válce s mechanickým přenosem síly*

Bezpečnostní válce s mechanickým přenosem síly mají v těle válce drážku, pomocí které je píst spojen s vozíkem, Obrázek 1.6. Válce jsou z konstrukčního hlediska složitější a mají vyšší nároky na přesný tvar těsnění. V porovnání s bezpečnostními válci s magnetickým přenosem síly umí tyto pohony přenést vyšší síly a tím i těžší břemena. Nevýhodou však je, že mohou mít nižší životnost v prašném prostředí a jsou náchylnější k únikům stlačeného vzduchu z válce. Hlavním kritériem při volbě zdvihu je průhyb vodicích tyčí při zatížení hmotností poháněného mechanismu v polovině délky těchto tyčí [1].



Obrázek 1.6 Řez bezpečnostním pneumatickým válcem s mechanickým přenosem síly s externím vedením [18]

### **1.1.3 Kompaktní pneumatické suporty**

Pneumatické suporty jsou kombinované pneumatické válce, při jejichž konstrukci je využito dvou pístů, jejichž průchozí pístnice slouží jako vedení, Obrázek 1.7. Pístnice jsou spojeny se suportem. Ten má velkou plochu, která umožňuje dobré upevnění přenášeného břemene v několika směrech nebo na přední straně suportu. Tato konstrukce umožňuje velmi kompaktní, přesné a prostorově úsporné řešení. Jsou vhodné pro konstrukci montážních robotů a manipulátorů.

Tyto suporty je možné instalovat dvěma způsoby, a to:

- s pevným suportem a pohyblivým vedením,
- s pevným vedením a pohyblivým suportem.

Rozdíl mezi těmito způsoby je v přívodu stlačeného vzduchu. V případě pevného suportu je stlačený vzduch přiveden do samotného suportu. V případě pevného vedení je stlačený vzduch přiveden do pístnic.



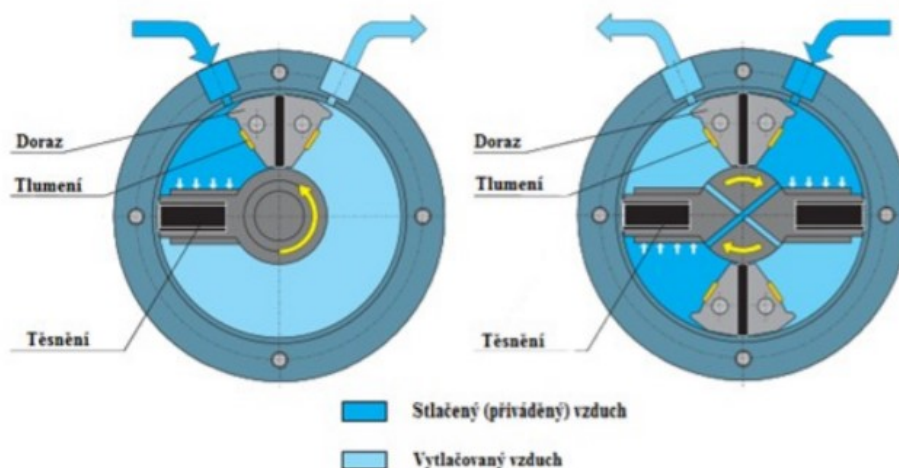
Obrázek 1.7 Kompaktní suport od společnosti SMC [15]

## 1.2 Pneumatické pohony kyvné

Kyvné pneumatické pohony využívají stlačeného vzduchu k realizaci kyvného pohybu. Označují se jako kyvné právě proto, že obvykle nevykonávají více otáček. Pouze se naklápí v rozmezí  $0^\circ$  až  $270^\circ$ . Lze je rozdělit na kyvné křídlové pohony a kyvné pohony s ozubeným hřebenem a pastorkem. Oba tyto typy budou rozvedeny v dalších podkapitolách. Existuje mnoho aplikací, kde se kyvné motory uplatňují, jako například pro pootočení výrobku, přemístění výrobku či rotaci prvků pro manipulaci.

### 1.2.1 Křídlový kyvný pohon

Stlačený vzduch proudící do tělesa pohonu, působí na plochu křídla (lamely), které je připevněno k hřídeli. Díky tomuto spojení začne hřídel uložena ve valivých ložiscích vyvozovat krouticí moment. Křídlové pohony se vyrábí v provedeních s jedním či dvěma křídly, Obrázek 1.8. Použitím dvoukřídlového provedení se zvýší krouticí moment na hřídeli, snižuje se však úhel kyvu, a to z důvodu omezenějšího prostoru.

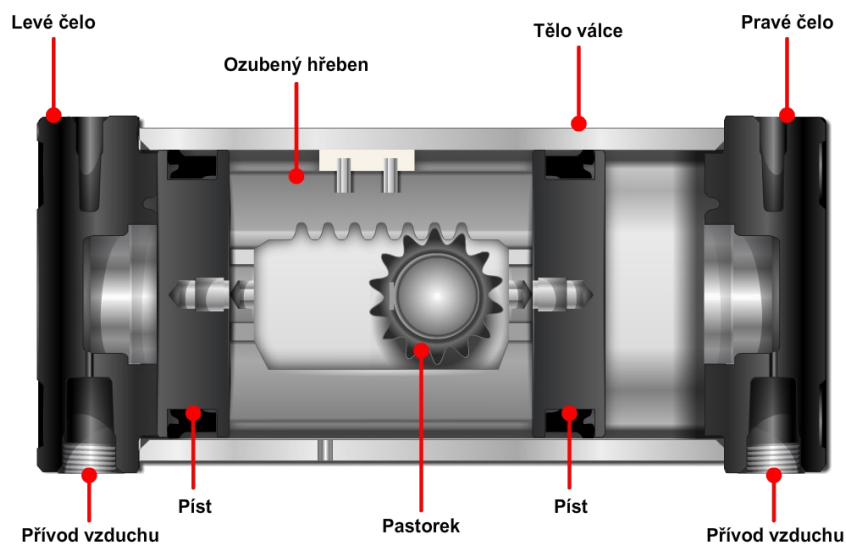


Obrázek 1.8 Znáznornění funkce kyvného křídlového pohonu s jedním křídlem (vlevo) a dvěma křídly (vpravo) [16]

Výrobci nabízí varianty jednokřídlových kyvných pohonů s nastavitelným úhlem kyvu. Maximální úhel kyvu výstupního členu je tak  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  a  $270^\circ$  [17].

### 1.2.2 Kyvné pohony s ozubeným hřebenem a pastorkem

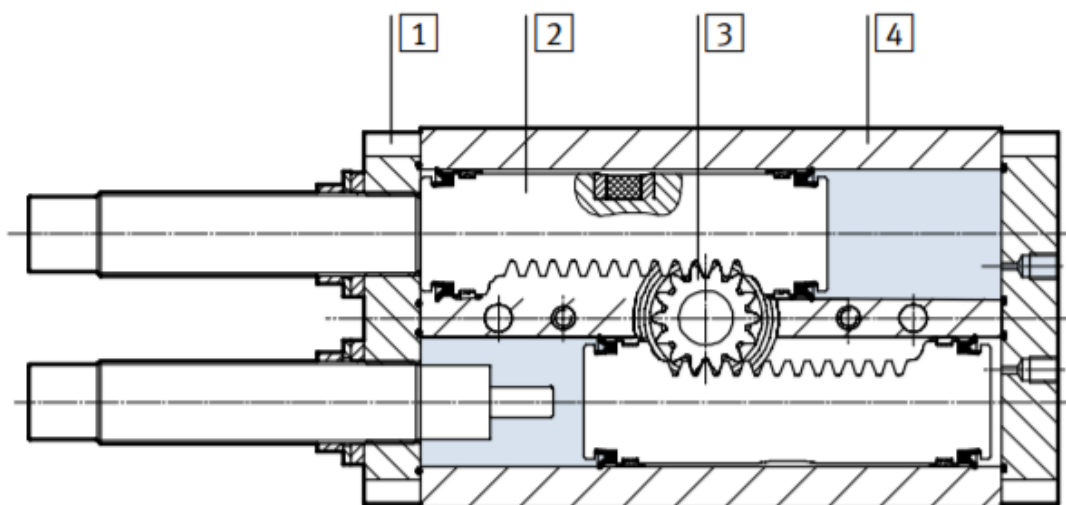
Bývají také označovány jako pístové pneumatory pro kývavý pohyb. Mají píst s ozubeným hřebenem, Obrázek 1.9. Stlačený vzduch působí na píst, který zároveň posunuje ozubený hřeben. Pomocí ozubení se lineární pohyb hřebene přenes na kyvný pohyb pastorku. Tyto pohony se vyrábí v různých provedeních, princip fungování je však velmi podobný [18].



Obrázek 1.9 Řez kyvným pohonem s ozubeným hřebenem a pastorkem [18]

### 1.2.3 Kyvné pohony se dvěma písty

Fungují na podobném principu jako kyvné pohony s ozubeným hřebenem a pastorkem, mají však dva písty. Ty mají zevnějšku ozubený hřeben, který přes pastorek otáčí hřídel viz. Obrázek 1.10 (1-víko, 2-píst, 3-hřídel s pastorkem, 4-těleso). Výhodou tohoto pohonu je zvýšený výstupní krouticí moment [19].



Obrázek 1.10 Řez kyvným pohonem se dvěma písty [19]

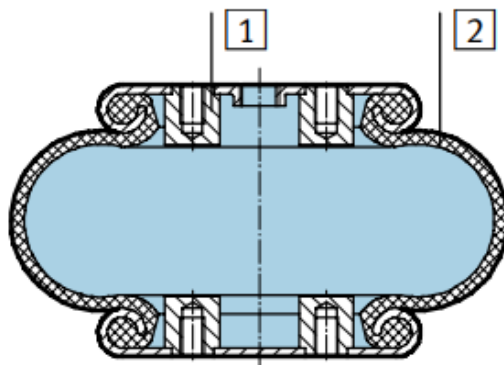
## 1.3 Pneumatické pohony speciální

### 1.3.1 Membránové a měchové pohony

Pro aplikace, kde je vyžadován malý zdvih by byl přímočarý pohon s pístem zbytečný. V takovém případě lze využít například měchy, Obrázek 1.11 (1-těleso, 2-měch). Jsou vhodné pro přenos velkých sil na malé vzdálenosti, v jednotkách milimetrů. Tyto pohony se řadí mezi jednočinné. Návrat do výchozí polohy však není zajištěn pružinou, ale vnější silou, která na

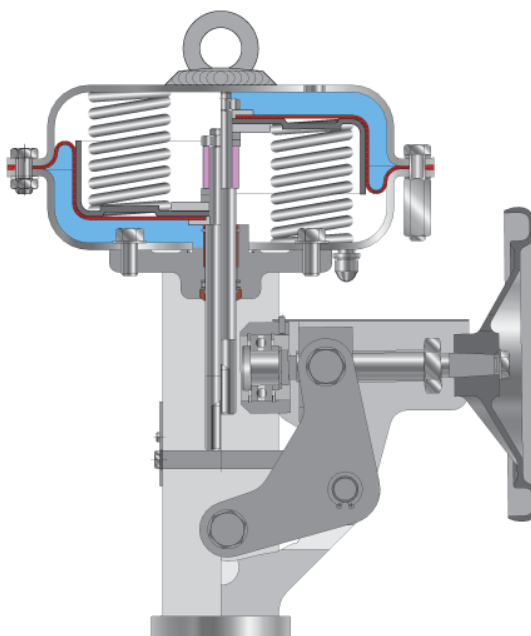
měch působí. Konstrukce těchto pohonů se skládá ze dvou kovových desek a z žebrovaného pryžového měchu a působí robustně. Nabízí vcelku vysoký rozsah sil, a to od 2 do 50kN. Vyrábí se ve více provedeních, jako jsou například měchy jednoduché a měchy dvojité [20].

Měchy se využívají jako pohonné i jako tlumicí prvky. Lze je najít například ve vzduchových podvozcích.



Obrázek 1.11 Řez jednoduchým měchem [20]

Membránové pohony jsou měchům velmi podobné, Obrázek 1.12. Vyznačují se velmi dobrou těsností a relativně malým zdvihem. Ve spojitém provedení je síla vzniklá působením tlaku na vyztuženou membránu vyvažována silou pružiny, kterou lze předepnout. Tlak vzduchu působí na membránu, která přenáší pohyb na táhlo. Oproti tomu nespojité provedení má pouze slabou pružinu, která je určena k návratu membrány do výchozí polohy. Mohou být konstruovány jako jednočinné a dvojčinné [24].

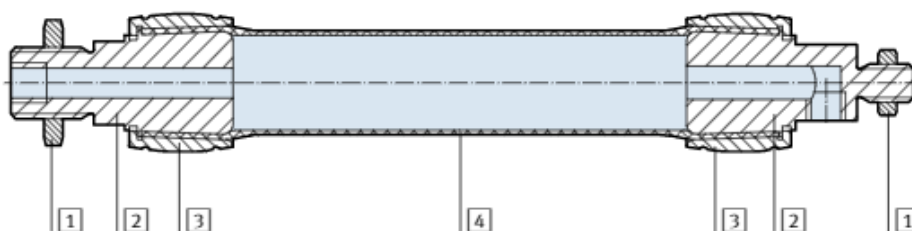


Obrázek 1.12 Řez jednočinným membránovým pohonem [25]

### 1.3.2 Fluidní svaly

Jedná se o membránový pohon, který je podobný biologickému svalu, Obrázek 1.13 (1-matice, 2-příruba, 3-dutinky, 4-membrána). Působením tlaku se tento sval zkracuje. Tak se vytvoří síla a kontrakce v axiálním směru. Využitelná tažná síla má maximální hodnotu na začátku kontrakce a potom takřka lineárně klesá se zdvihem. Hlavní část konstrukce tvoří pružná kontrakční hadice, která je vyrobena z tažného materiálu a vyztužena vlákny ve formě kosočtvercového pletiva. Z obou stran jsou připojovací prvky.

Tyto pohony se využívají pro upínání, vibrování a chvění či jako pneumatické pružiny. Jsou velmi odolné proti prachu, nečistotám a vlhkosti díky hermeticky uzavřené konstrukci. [21].



Obrázek 1.13 Řez fluidním svaem [22]

### 1.3.3 Středicí jednotky

Tyto pneumatory slouží k ustředění, přesnému polohování a transportu těžkých předmětů na dopravnících. Jedná se o podložky, které mohou manipulovat s objektem ve všech směrech a rotovat o 360°, Obrázek 1.14. Maximální nosnost těchto jednotek je 100kg a lze je najít mezi produkty společnosti SMC [23].

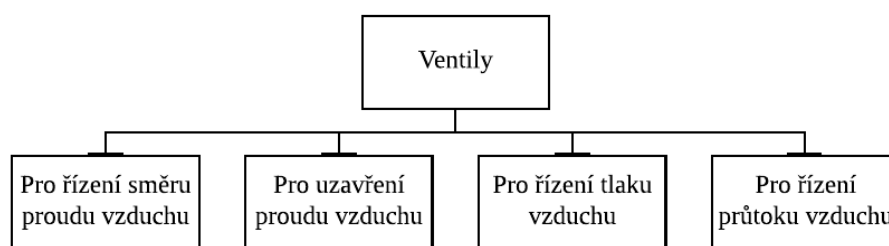


Obrázek 1.14 Středicí jednotka od společnosti SMC [23]

## 2. Prvky sloužící k ovládání pneumatických pohonů

Aby pohony konaly pohyb, který je požadován a našly tak využití v průmyslu, je třeba je umět ovládat. U tekutinových pohonů se jedná o prvky, které se nazývají ventily. U tekutinových je zmiňováno z toho důvodu, že jak hydraulické, tak pneumatické ventily mají dost často podobnou konstrukci a pracují na podobném principu. Ventily se využívají pro uzavření proudu tekutin, řízení tlaku, řízení průtoku či řízení směru proudu tekutiny.

Existuje mnoho způsobů, jak ventily roztrždit. V této práci jsou rozděleny dvěma způsoby, a to dle konstrukce a dle funkce. Speciální skupinu pak tvoří proporcionální ventily. Dle funkce ventilů je lze dělit jak je uvedeno na Obrázek 2.1 [1].



Obrázek 2.1 Blokové schéma rozdělení ventilů dle jejich funkce

### 1.4 Ventily dle funkce

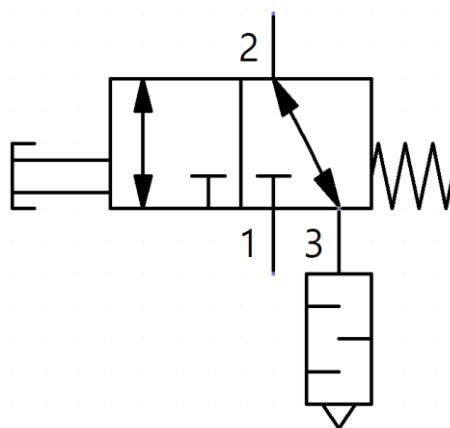
#### 1.4.1 Ventily pro řízení směru proudu vzduchu

Pro řízení směru pohybu pohonu se využívají ventily, které řídí směr proudu vzduchu. Často jsou také označovány jako rozváděče. Tato součástka má kanálky, také zvané porty, kterými proudí stlačený vzduch. Rozváděč může být přestaven do několika různých poloh. Právě na základě počtu těchto poloh a počtu portů se rozváděče označují. Značení tvoří dvě čísla, která jsou zapsána do zlomku. První číslo udává počet portů a druhé představuje počet poloh ventilu. Takovým základním rozváděčem je  $2/2$ , tedy dvoucestný dvoupolohový ventil.

Ventily  $2/2$  a  $3/2$  také mají označení takzvané normální polohy. Normální nebo výchozí poloha je stav ventilu, ve kterém se nachází, nepůsobí-li na něj žádná síla. Rozlišují se dvě polohy. Je-li ventil v normálním stavu uzavřen, značí se N.C. (z anglického normally closed). Naopak je-li ventil v normálním stavu otevřen, k jeho názvu se připojí zkratka N.O. (z anglického normally open) [1], [18].

Pro označování rozváděčů se používají schématické značky. Ty informují o směru proudění, způsobu ovládání ventilu, počtu portů a počtu poloh, ve kterých se ventil může nacházet. Kombinací těchto symbolů je tak definován každý typ rozváděče. Každý stav je uveden ve čtverci. Počet čtverců tedy značí počet funkčních stavů. V každém čtverci jsou nakresleny čáry se šipkou (otevřené cesty), či symboly podobné písmenu T (uzavřené cesty). Na Obrázek 2.2 je zobrazena schématická značka pro  $3/2$  ventil N.C. doplněný tlumičem hluku. Tento ventil je ovládán mechanicky a návrat do výchozí polohy je zajištěn pružinou.





Obrázek 2.2 Schématická značka 3/2 ventilu N.C. [18]

### Ovládání rozváděčů

Rozváděče mohou být ovládány přímými nebo nepřímými metodami. Nejprve budou rozvedeny přímé metody.

Přímo ovládané rozváděče jsou takové rozváděče, u kterých páka, pedál či tlačítko přímo přestaví funkční prvek ventilu (sedlo, šoupátko), Obrázek 2.3. Přímé ovládání se používá u ventilů malých světlostí, a to proto, protože se zvětšující se světlostí roste i síla potřebná k přestavení funkčního prvku ventilu. To by například u elektromagneticky ovládaných rozváděčů znamenalo velký, těžký elektromagnet, který by potřeboval silný proud. Ten by jej však při delším sepnutí zahříval [1].

Pro každou z přímých metod ovládání existuje specifická schématická značka. Mezi základní způsoby ovládání patří:

- ovládání lidskou silou (pedál, páka, tlačítko),
- mechanické ovládání (pružina),
- elektromagnetické ovládání,
- vzduchové ovládání,
- kombinací výše zmíněných způsobů.



Obrázek 2.3 Ventil s přímým mechanickým ovládáním [26]

U nepřímo ovládaných rozváděčů slouží k přestavení funkčního prvku malý 3/2 ventil. Síla potřebná k přestavení 3/2 ventilu je velmi malá, ve srovnání se silou potřebnou k přestavení přímo ovládaných rozváděčů. Proto se rozváděče s větší světlostí ovládají právě nepřímo, Obrázek 2.4.



Obrázek 2.4 Ventil s nepřímým elektromagnetickým ovládáním [27]

Vstupní a výstupní otvory tekutinových rozváděčů mají také své značení. Mohou být značeny buď číslicemi nebo písmeny, přičemž toto značení je definováno normou. V následující tabulce (Tabulka 2.1) jsou uvedena nejčastěji používaná značení otvorů ventilů.

Tabulka 2.1 Nejčastěji používaná značení vstupních a výstupních otvorů ventilů [1]

přívod vzduchu	výstup	výstup	odvzdušnění	odvzdušnění	vzduch pro ovládání	vzduch pro ovládání
1, P	4, A	2, B	5, EA, R, R1	3, EB, S, R2	12, PA, Z	14, PB, Y

#### *Monostabilní a bistabilní ventily*

Ventily, které jsou ovládány lidskou silou (například tlačítkem) lze ještě dále rozdělit. V podstatě se rozlišují dva typy, a to podle toho jestli je jejich ovládací prvek vybaven aretací či nikoliv.

Monostabilní ventily jsou takové ventily, jejichž ovládací prvek je bez aretace polohy ovladače. To znamená, že se po uvolnění tlačítka, páky navrátí funkční prvek ventilu do výchozího stavu. Ovládání monostabilních ventilů představují převážně tlačítka různých tvarů. Monostabilní ventily se používají například v aplikacích, kdy přestavení ventilu slouží jako signál pro spuštění či zastavení stroje.

Bistabilní ventily mají aretaci polohy ovladače, což znamená, že po otočení točítka či zmáčknutí tlačítka se zámkem, zůstane ventil v přestavené poloze. Tento druh ventilů lze najít v aplikacích, kde přestavení ventilu může být provedeno pouze vyškoleným personálem (seřizování stroje) [1], [18].

### 1.4.2 Ventily pro uzavření proudu vzduchu

Ventily pro uzavření proudu vzduchu uzavírají průtok vzduchu v jednom směru. Lze mezi ně zařadit zpětné ventily či logické ventily.

#### *Zpětné ventily*

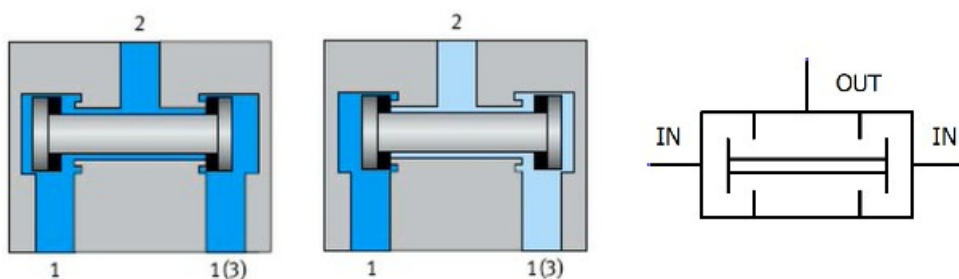
Zpětné ventily, také známé jako jednosměrné ventily, jsou ventily, které zajišťují průchod stlačeného vzduchu pouze v jednom směru, Obrázek 2.5. Sestávají se z prvku dosedajícího do sedla – může být kulička, kuželka, kotouč, membrána. Poloha prvku může být pro lepší těsnost vymezena pružinou. Pokud tlak vzduchu působí na prvek větší silou než pružina, prvek v sedle již nedosedá a vzduch tak může proudit nově vzniklým průřezem.



Obrázek 2.5 Vlevo-schématická značka zpětného ventilu, vpravo-zpětný ventil [28]

#### *Logický ventil AND*

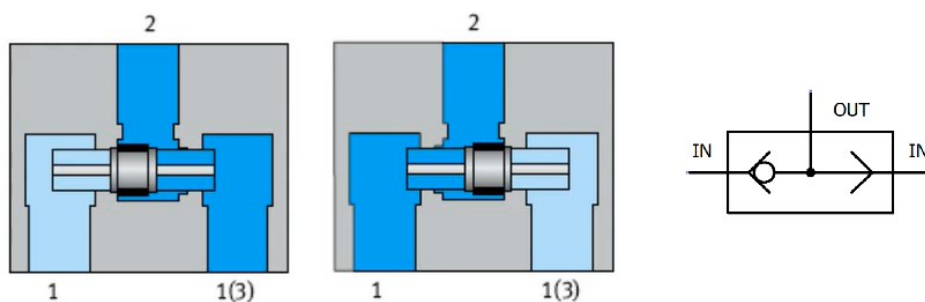
Logická funkce AND znamená, že aby byl na výstupu signál, musí být signál na obou vstupech. Tento ventil pracuje na principu dvou sedel, Obrázek 2.6. Je-li přiveden vzduch pouze na jeden vstup, sedlo se posune a uzavře tak průchod vzduchu. Přivede-li se však vzduch na oba vstupy, sedla se udrží uprostřed a vzduch tak může proudit dále.



Obrázek 2.6 Vlevo-funkční řez logickým ventilem AND [29], vpravo-schématická značka logického ventilu AND

#### *Logický ventil OR*

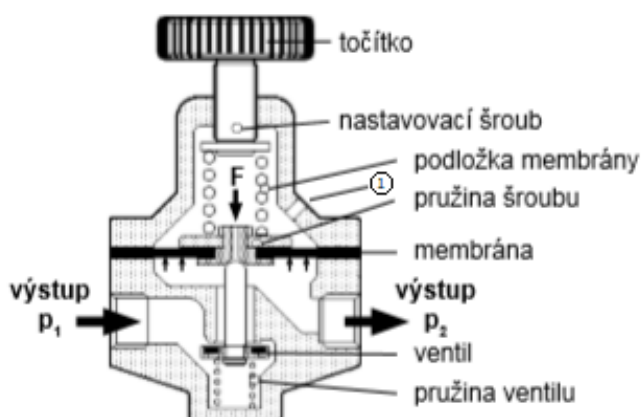
Logická funkce OR je taková funkce, která potřebuje pro signál na výstupu právě jeden signál na vstupu. Je-li přiveden vzduch na vstup 1, dojde k odtlačení kuličky do druhého sedla a uzavření vstupu 2. Při tomto stavu je vstup 1 s výstupem propojen. Propojení vstupu a výstupu oběma způsoby lze vidět na Obrázek 2.7.



Obrázek 2.7 Vlevo-funkční řez logickým ventilem OR [29], vpravo-schématická značka logického ventilu OR

### 1.4.3 Ventily pro řízení tlaku vzduchu

Ventily pro řízení tlaku vzduchu, takzvané regulátory tlaku (Obrázek 2.9), mají za úkol udržovat stálou hodnotu tlaku v pracovním okruhu. Bývají zakomponovány do jednotky pro úpravu vzduchu. Výchozím prvkem konstrukce většiny regulátorů je píst nebo membrána. Tlakem vzduchu na plochu membrány či pístu se vyrovnává síla pružiny. Předpětí pružiny se nastavuje nastavovacím šroubem. Síla vyvolaná předpětím pružiny působí na membránu, kterou prohne. To otevře ventil. Stlačený vzduch tak proudí do výstupu. K uzavření ventilu dojde, pakliže se síla vyvolaná tlakem vzduchu na plochu membrány a síla pružiny vyrovnají. Funkci regulátoru tlaku lze také odečíst z Obrázek 2.8 [1].



Obrázek 2.8 Funkční řez regulátorem tlaku [1]

Pakliže je v sekundárním okruhu (za regulátorem tlaku) vyšší tlak, než tlak, který odpovídá nastavení regulátoru dojde k odvzdušnění. To probíhá tak, že dojde k prohnutí membrány směrem nahoru (vlivem působení tlaku v sekundárním okruhu), což má za následek uvolnění otvoru v podložce membrány. Vzduch ze sekundárního okruhu tak může proudit otvorem ve stěně (Obrázek 2.8-odkaz s číslem 1) do atmosféry. Jakmile dojde k vyrovnání tlaků, membrána se vrátí do výchozí polohy a otvor v podložce se uzavře. Odvzdušňovací otvor může být opatřen šroubením, pomocí kterého lze připojit hadici pro odvod vzduchu [1].

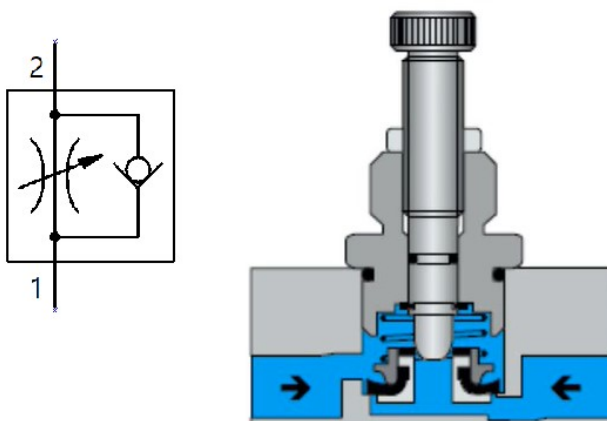
Tyto regulátory nelze použít v obvodech, kde proudí vzácné plyny.



Obrázek 2.9 Regulátor tlaku [30]

#### 1.4.4 Ventily pro řízení průtoku vzduchu

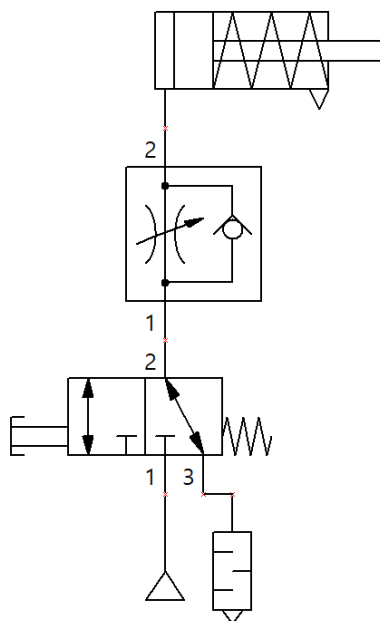
Tyto ventily jsou také známé pod názvem škrticí ventily. Pomocí těchto ventilů se mění plocha průřezu, kterým vzduch proudí. Průřez je více či méně omezen kuželem vřetene. Ventil bývá propojen se zpětným ventilem. Pakliže prochází stlačený vzduch v opačném směru, tlakem vzduchu se otevře zpětný ventil a stlačený vzduch tak proudí celým průřezem sedla zpětného ventilu. Jejich funkci lze odečíst také z Obrázek 2.10. Využití mohou najít převážně jako regulátory rychlosti pneumatických pohonů.



Obrázek 2.10 Vlevo-schématická značka škrticího ventilu, vpravo-funkční řez škrticím ventilem [29]

#### Škrčení na vstupu

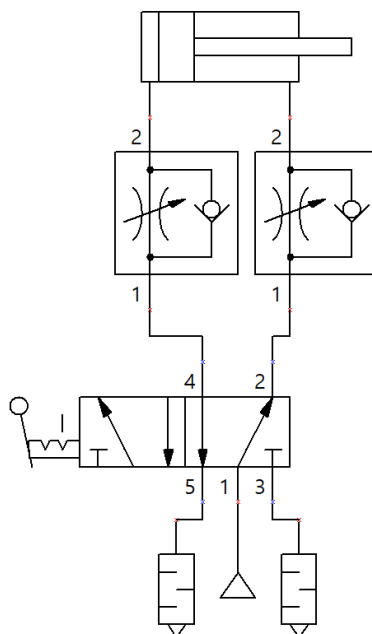
Takzvané škrčení na vstupu znamená, že škrticí ventil s vestavěným zpětným ventilem je namontován tak, že při přívodu vzduchu do válce je zpětný ventil uzavřen, Obrázek 2.11. Při zasouvání pístnice pak vzduch otevře zpětný ventil a proudí dál do obvodu či do atmosféry. Nevýhodou tohoto způsobu škrčení je, že nejsou kompenzovány změny zatížení pístnice takzvanou pneumatickou zátěží. V porovnání se škrčením na výstupu z válce je tento způsob méně výhodný, nelze totiž dosáhnout rovnoměrné rychlosti pohybu pístu. Škrčení na vstupu se využívá pro řízení jednočinných pneumatických válců a dvojčinných válců s malým objemem [1].



Obrázek 2.11 Schéma škrcení na vstupu do jednočinného válce

### Škrcení na výstupu

Škrcení na výstupu z válce se provádí takovým způsobem, že jsou škrticí ventily s vestavěnými zpětnými ventily zapojeny tak, že na vstupu vzduchu do válce je zpětný ventil otevřen a na výstupu z válce je uzavřen, Obrázek 2.12. Vzduch na výstupu tak proudí sedlem škrticího ventilu. Ten je regulovatelný a jeho regulací se zároveň ovládá rychlost zasouvání pístnice. Tlak vzduchu, který je ve válci vyvolaný škrcením vyvolá sílu, která působí proti pohybu pístu. Toto zatížení se nazývá pneumatická zátěž. Čím větší je pneumatická zátěž, tím lépe je zajištěna rovnoměrná rychlost pístnice. Z tohoto důvodu se ve většině případů používá u dvojčinných pneumatických válců škrcení vzduchu na výstupu [1].



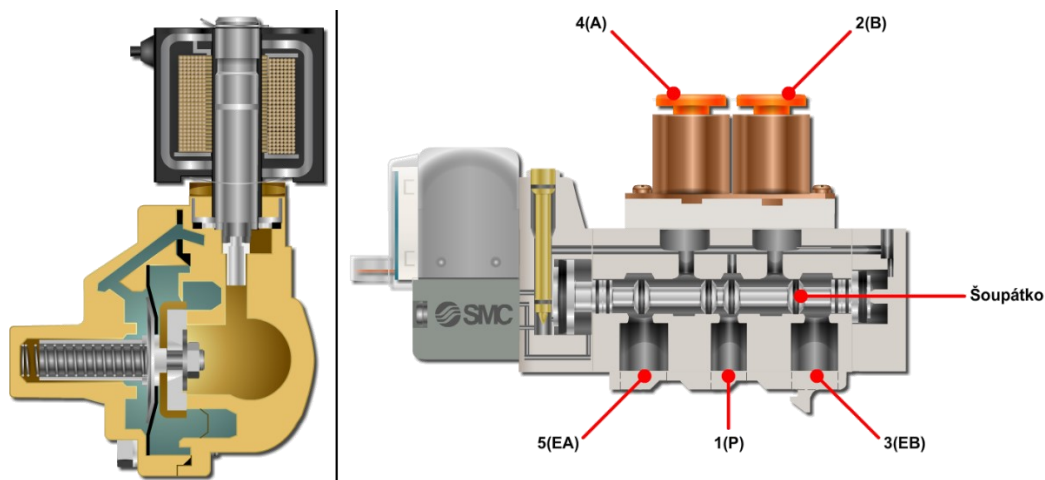
Obrázek 2.12 Schéma škrcení na výstupu dvojčinného válce

## 1.5 Ventily dle konstrukce

Dle konstrukce se ventily dělí na sedlové a šoupátkové, Obrázek 2.13.

Pro sedlové ventily platí, že jejich hlavní pohyblivá část je sedlo. To může být buď kuželové nebo ploché a používá se pro řízení průtoku média skrz ventil. Sedlo je připojeno ke dříku nebo pružné membráně, jenž jsou ovládány ručně nebo elektromagneticky. Pohybem této části se zároveň pohybuje i sedlo, které uzavírá průřez otvoru, kterým protéká stlačený vzduch. Tyto ventily jsou robustní a odolné konstrukce [18].

U šoupátkových, nejběžněji používaných ventilů je hlavním prvkem šoupátko. To může být buď válcové či ploché a v tom případě koná v tělese ventilu posuvný pohyb. Pakliže je šoupátko ploché kotoučové, otáčí se kolem osy tělesa ventilu. Dle konstrukce šoupátka lze přepínat mezi více pozicemi najednou [1], [18].



Obrázek 2.13 Vlevo-funkční řez sedlovým ventilem [18], vpravo-funkční řez šoupátkovým ventilem [18]

### Těsnění šoupátkových ventilů

Šoupátka ventilů jsou vybavena těsnicími kroužky, které brání nežádaným únikům stlačeného vzduchu. Běžně se používají dva typy těsnění a to elastomerové, gumové těsnění a kovové těsnění, takzvané „kov na kov“.

Elastomerové těsnění je mnohem těsnější, zajišťuje těsnost a zároveň nízkou míru tření, což se projevuje na dobré životnosti. Elastomerové těsnění je vidět na šoupátku, viz. Obrázek 2.13 vpravo.

Kovové těsnění se vyznačuje velmi krátkým časem reakce a velmi dobrou životností. Ocelové šoupátko se pohybuje v ocelovém pouzdru s minimálním třením, avšak vůle mezi nimi je okolo 3μm. To znamená netěsnost mezi jednotlivými polohami. Z toho důvodu nelze použít například 5/3 ventil se střední polohou uzavřenou a kovovým těsněním pro zajištění polohy pneumatických válců. Poloha válce by se totiž vlivem netěsnosti šoupátka mohla měnit [18].

## 1.6 Proporcionální ventily

Mimo to, že existují ventily s takzvanou binární logikou – dvojkové signály 0/1, na trhu jsou také proporcionální ventily, které umožňují řízení pomocí analogových signálů. Tato zařízení převádí velikost vstupního elektrického signálu na změnu výstupního tlaku či průtoku stlačeného vzduchu. Jisté velikosti elektrické veličiny (elektrické napětí nebo elektrický proud, v závislosti na typu proporcionálního ventilu) odpovídá hodnota tlaku, průtoku na výstupu [1].

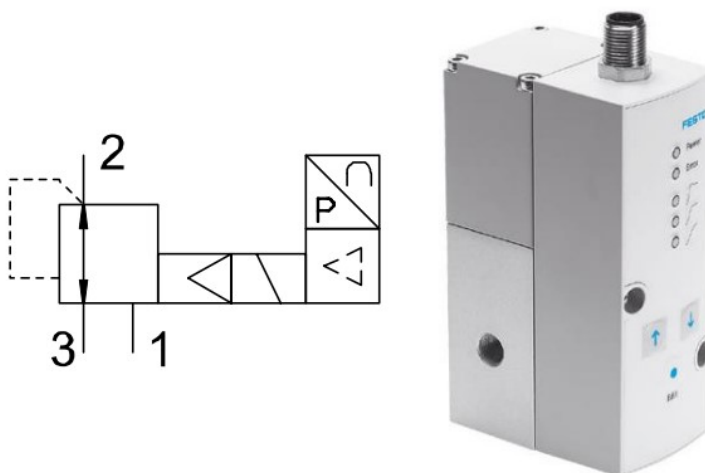
Proporcionální ventily přináší při jejich aplikaci spoustu výhod. Lze pomocí nich mnohem lépe, přesněji a jemněji řídit a regulovat pohony. Například u pneumatických dvojčinných válců se využívá proporcionálních ventilů společně s integrovaným odměřováním polohy pístu. Integrované odměřování polohy je funkce, která detekuje polohu pístu ve válci. Na pístu je umístěn magnetický proužek. Pomocí snímače polohy, který je nainstalován zevnějšku na těle válce je generován elektrický signál. Díky němu lze odečíst polohu pístu a tedy zároveň válce. Tento signál je dále zpracován a odeslán do proporcionálního ventilu, pomocí kterého lze dále válec ovládat.

V následujících podkapitolách jsou popsáni dva zástupci proporcionálních ventilů.

### 1.6.1 Proporcionální redukční ventil VPPM

Ventil VPPM je produktem od společnosti Festo. Jedná se o nepřímo řízený membránový redukční ventil, pomocí kterého je regulována velikost výstupního tlaku. K tomu slouží integrovaný snímač tlaku. Ten zároveň v případě odchylky od požadované hodnoty provádí korekci, dokud není výstupní veličina rovna požadované hodnotě [35].

Vnitřní uspořádání lze odečíst ze schématické značky, která je uvedena na Obrázek 2.14. Tělo ventilu je osazeno třemi porty [35].

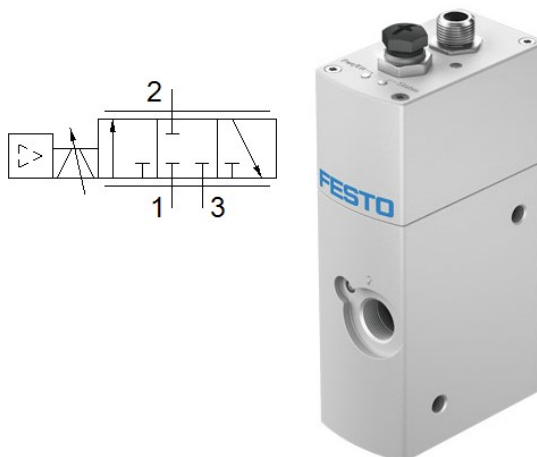


Obrázek 2.14 Schématická značka ventilu VPPM-vlevo, ventil VPPM-vpravo [35]



### 1.6.2 Proporcionální průtokový ventil VPCF

Jedná se opět o produkt od firmy Festo. Tento ventil slouží pro nastavování průtoku. Ze schématické značky (Obrázek 2.15) lze odečíst, že je konstruován jako 3/3 ventil. Má tedy 3 pracovní polohy a 3 porty. Je-li ve středové poloze, pak je uzavřen. Nachází-li se v krajních polohách, pak buď reguluje průtok daným výstupem nebo vypouští přebytečný stlačený vzduch přes tlumič hluku do okolní atmosféry. Jeho ovládání je realizováno pomocí proporcionálně řízeného solenoidu [37].



Obrázek 2.15 Schématická značka ventilu VPCF-vlevo, ventil VPCF-vpravo [36]

### 3. Návrh manipulátoru s využitím pneumatických prvků

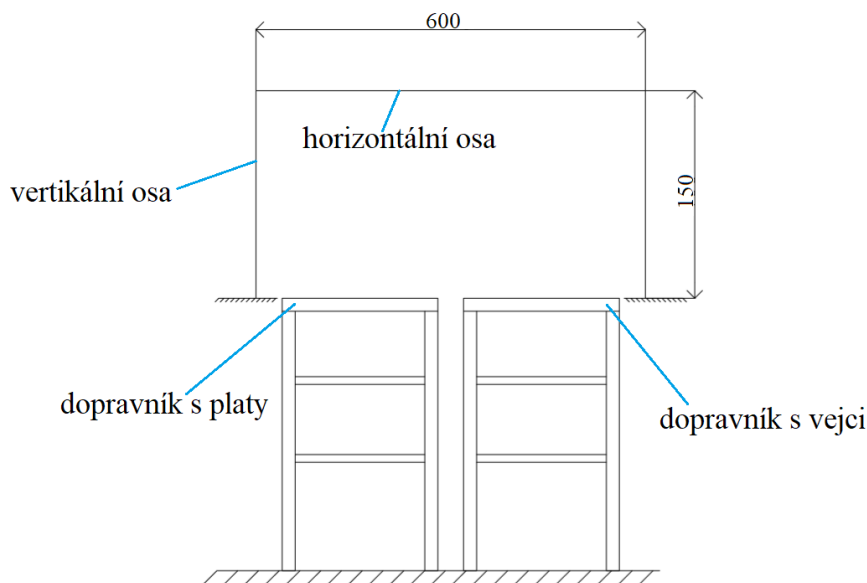
Pro návrh manipulátoru byla nejprve vybrána manipulační úloha. Jedná se o robotizaci linky na zakládání vajec do plát. Manipulátor bude umístěn nad dvěma dopravníky. Na prvním dopravníku budou dopravována vejce, která budou uspořádána ve 3 řadách přičemž každé bude otočeno ve svislé poloze. Na druhém dopravníku budou umístěny obaly na vejce (plata), do kterých manipulátor vejce umístí. Pro tento manipulátor byly sepsány požadavky, které by jeho konstrukce měla splňovat.

*Požadavky na konstrukci:*

- Počet přenášených OM: 6 ks
- Maximální hmotnost OM: 65 g
- Zdroj energie: stlačený vzduch 0,6 MPa
- Uchopovací člen: přísavky
- Mastné povrchy: ne
- Mokrý povrchy: ne
- Práce v prostředí s vysokou prašností: ne
- Práce v prostředí s potravinářskými podmínkami: ano

#### 1.7 Rozvržení pracoviště

Pro návrh manipulátoru včetně efektoru je důležité rozvrhnout, jaké pohyby bude konat. Toto je rozhodující pro návrh zdvihů pneumatických pohonů, ale také pro výpočet sil působících na objekt manipulace. Pracoviště již bylo popsáno výše, proto je nyní uvedeno pouze jeho předběžné schéma, Obrázek 3.1.



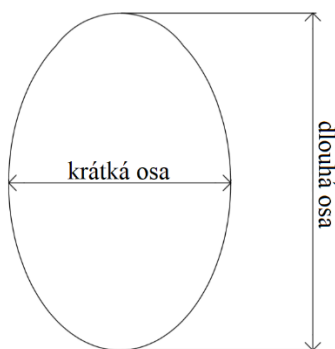
Obrázek 3.1 Předběžné schéma rozvržení pracoviště manipulátoru

## 1.8 Objekt manipulace

Objekty manipulace je 6 ks vajec velikosti s označením „M“. Vzhledem k tomu, že objektem manipulace není průmyslově vyrobený produkt, který má své přesně dané rozměry, ale živočišný produkt, jehož podoba může být ovlivněna mnoha faktory a je vždy jiná, byl vytvořen ideální model, se kterým bylo nadále počítáno. Manipulátor by však měl být schopen pracovat i s vejci, které se ideálnímu modelu pouze přibližují. Ideální model slouží primárně na teoretické výpočty a vychází z rozměrů vejce velikosti „M“.

Tabulka 3.1 Parametry OM [39]

Parametr	Hodnota
Hmotnost ideálního OM	63 g
Krátká osa OM	45 mm
Dlouhá osa OM	58 mm



Obrázek 3.2 Naznačení rozměrů OM

Vejce mají specifický tvar a vlastnosti. Díky tomuto je třeba definovat požadavky na manipulaci. Hlavním požadavkem je, aby při manipulaci nedošlo k upuštění OM, dále pak aby při uchycení přísavkou nedošlo k narušení povrchu OM a v neposlední řadě by měl být OM usazen na požadované místo (plato) bez rozbití. Je však třeba zmínit i požadavky na vejce samotné. Jeho povrch, skořápka, by neměl být narušen, tedy bez prasklin apod. Vejce musí být před samotnou manipulací navíc také usazeno ve správné, svislé poloze.

## 4. Návrh efektoru

Pro manipulaci s vejci byly vybrány jako nejvhodnější úchopové prvky přísavky. Přísavkový efektor se pro jejich manipulaci využívá i v běžných automatizovaných linkách.

### 1.9 Výběr přísavky

Nejvhodnějšími přísavkami pro manipulaci s vejci byly vybrány kulaté přísavky skládané, taky označovány jako přísavky s měchem. Tyto přísavky se dokáží přizpůsobit zaoblenému tvaru vejce, dobře přilnou k povrchu a umí vyrovnávat menší výškové nerovnosti. Jejich nevýhodou je malá boční tuhost, kvůli které nejsou dobré pro aplikace, kde je vyžadována vyšší přesnost polohování. To však v tomto případě není požadováno, jelikož na místech pro vejce v platu jsou jisté rozměrové rezervy [1].

Jako materiál přísavky byl vybrán silikon. Tento materiál je dle výrobce vhodný pro prostředí s potravinářským prostředím. Materiály přísavek od společnosti Festo jsou uvedeny v Tabulka 4.1.

Tabulka 4.1 Přehled materiálů přísavek a jejich vlastností od firmy Festo [40]

Materiál přísavek	Barva	Teplotní rozsah (°C)	Odolnost proti opotřebení	Výrobek
Nitrilový kaučuk (N)	černá	-10...+70	chvalitebná	Naolejované a hladké
Polyuretan (U)	modrá	-20...+60	vynikající	Naolejované, hladké a drsné
Silikon (S)	bílá, průhledná	-30...+180	dobrá	Potraviny, horké a studené
Fluórový kaučuk (F)	šedá	-10...+200	dobrá	Naolejované, hladké a horké
Nitrilový kaučuk antistatický (NA)	černá s bílou tečkou	-10...+70	chvalitebná	Elektronika, zaolejované
Polyuretan, teplotně odolný (T)	hnědá, průhledná	-20...+60	vynikající	Naolejované a drsné

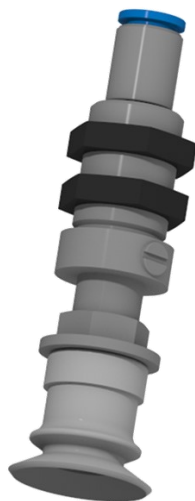
Pro výběr vhodné přísavky bylo třeba navrhnout její hlavní parametr – průměr. Ten byl teoreticky vypočten pomocí vzorce (1) dle SMC [1]:

$$D_t = \sqrt{\frac{4 \cdot m_{OM} \cdot g \cdot s \cdot 1000}{\pi \cdot p \cdot n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 63 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 2,5 \cdot 1000}{\pi \cdot 70 \cdot 6}} = 2,16 \text{ mm} \quad (1)$$

kde  $s$  součinitel bezpečnosti (pro vodorovný styk při zvedání  $\geq 2$  [1]) (-),  
 $\pi$  Ludolfovo číslo (-),  
 $p$  vakuum (kPa),  
 $m_{OM}$  hmotnost objektu manipulace (kg),  
 $n$  počet přísavek (-).

Navržený teoretický průměr přísavky je s ohledem na charakter povrchu vejce a konaný pohyb malý. Pro manipulaci s vejci jsou používány přísavky s mnohem větším průměrem, a proto byl teoretický průměr navýšen na  $D = 20 \text{ mm}$  [38].

Na základě tohoto průměru byla vybrána přísavka od firmy Festo, typ **ESG-20-BS-HC-QS**, kde **ESG** je název typu vakuových přísavek, **20** je průměr přísavky v milimetrech, **BS** je zkratka pro kruhovou skládanou přísavku (1,5x měchu) a materiál silikon (VMQ), **HC** značí připojení vakua shora a výškové vyrovnaní a zkratka **QS** značí připojení vakua pomocí nástrčné koncovky [47]. Vybraná přísavka je na Obrázek 4.1.



Obrázek 4.1 Vybraná přísavka

Dle katalogu výrobce je přídržná síla přísavky při jmenovitém provozním tlaku -0,7 bar rovna 12,9 N.

Pohyb při manipulaci nebude složený, ale vždy čistě vertikální nebo horizontální. Jako nejkritičtější případ, kdy proti přídržné síle přísavky působí největší síla, byl zvolen vertikální pohyb při zvedání OM. Proti přídržné síle totiž v tu chvíli působí tíhová síla a

zároveň síla setrvačná. Rozbor sil působících na OM při tomto pohybu je zobrazen na Obrázek 4.2.



Obrázek 4.2 Rozbor sil působících na OM v průběhu vertikálního pohybu

Výpočet gravitační síly OM je:

$$F_g = m_{OM} \cdot g = 63 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 = 0,618 \text{ N} \quad (2)$$

kde  $m_{OM}$  je hmotnost ideálního modelu OM (kg),  
 $g$  je gravitační zrychlení ( $g=9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ).

Velikost setrvačné síly (na Obrázek 4.2 značena jako  $F_s$ ) však spočítat nelze, neboť zrychlení OM není známo. Lze však předpokládat, že přídržná síla vyvozená přísavkou je dostatečně velká pro zajištění bezpečného držení.

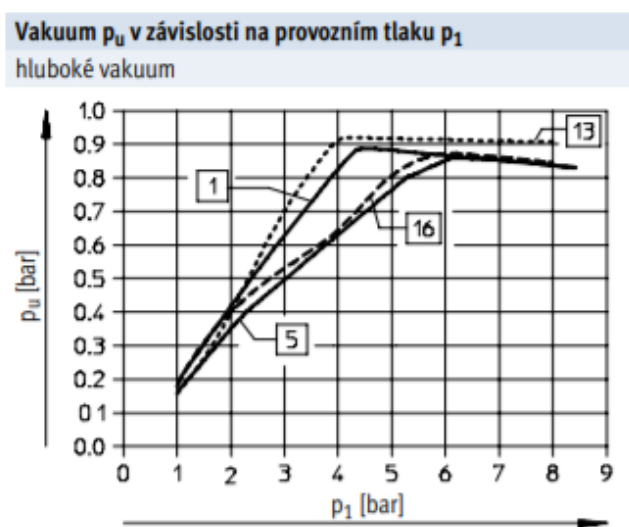
## 1.10 Výběr ejektoru

Ejektor je zařízení sloužící k vytvoření podtlaku v přísavkách. Pro danou aplikaci byl vybrán ejektor od společnosti Festo (Obrázek 4.3). Označení vybraného ejektoru je **VN-05-M-I3-PQ2-VT2**, kde **VN** znamená typ ejektoru, **05** je jmenovitá světlost Lavalovy trysky v milimetrech, **M** je charakteristika ejektoru (pro hluboké vakuum, inline provedení), **I3** značí přímý tvar a šířku tělesa 13 mm, **PQ2** značí připojení pneumatiky pomocí šroubení s nástrčnými koncovkami QS-6 a zkratka **VT2** značí připojení vakua pomocí nástrčné dutinky Ø 4 mm [41].



Obrázek 4.3 Vybraný ejektor

Tento ejektor byl vybrán na základě závislosti hodnoty vakua při provozním tlaku. Závislost těchto dvou parametrů je uvedena v katalogu výrobce, Obrázek 4.4 [41].



Obrázek 4.4 Závislost velikosti vakua na velikosti provozního tlaku [41]

Křivka s označením č. 5 je charakteristika právě vybraného ejektoru. Z grafu na Obrázek 4.4 lze vyčíst, že hodnota vakua při provozním tlaku 6 bar ( $=0,6$  MPa) je přibližně rovna 0,85 bar ( $=0,085$  MPa). Tato hodnota je vyšší, než je pro držení vejce přísavkou potřeba, což je v tomto případě do jisté míry výhodou. Zajistí se tak vyšší bezpečnost pro přenos a držení vejce.

## 5. Výběr pohonu pro vertikální pohyb

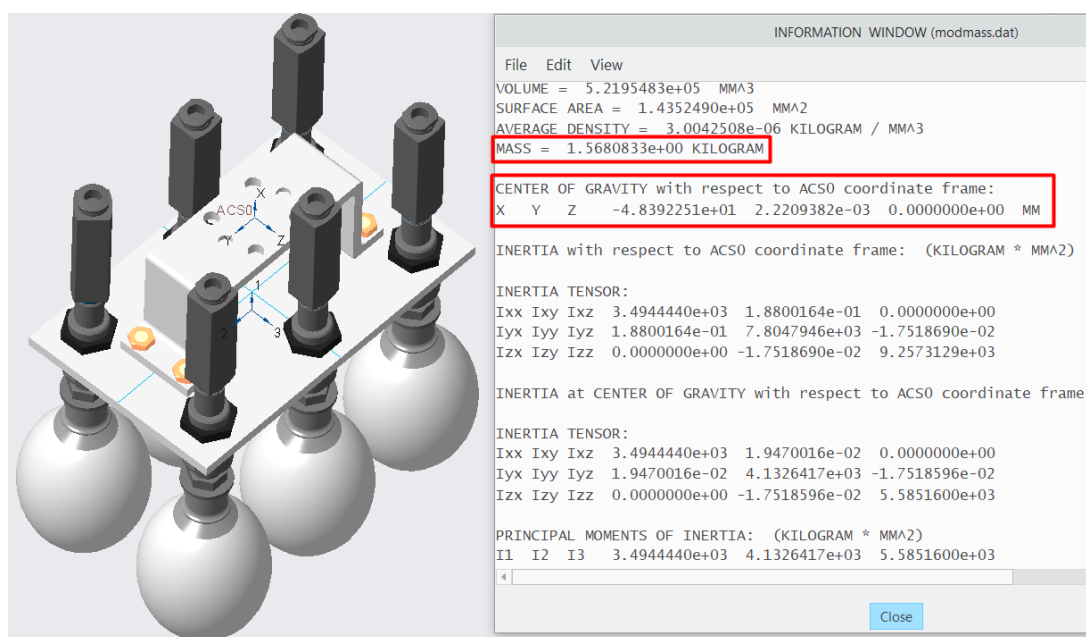
Pro výběr vhodného pohonu bylo využito softwarového nástroje od výrobce, a to společnosti Festo. Na základě rešerše byl zvolen vhodný typ pohonu, a to pneumatický pohon s vedením. Na webových stránkách výrobce byl poté nalezen vybraný typ a pomocí softwarového nástroje byla zkontrolována správnost volby.

Softwarový nástroj pro výpočet pneumatických pohonů lze najít pouze u některých typů, a to v katalogu pod záložkou *engineering*, červeně vyznačeno v Obrázek 5.1.



Obrázek 5.1 Výstřižek z katalogu výrobce [42]

Hlavními vstupními hodnotami, které ovlivňují celý výpočet je hmotnost a poloha těžiště efektoru s vejci. Tyto hodnoty byly zjištěny z 3D modelu, který byl vytvořen pomocí programu PTC Creo Parametric, Obrázek 5.2. Poloha těžiště byla vztažena k souřadnicovému systému, který představoval předběžnou pozici připojení pohonu (souřadný systém ACS0).



Obrázek 5.2 Hmotnost efektoru s vejci a poloha těžiště

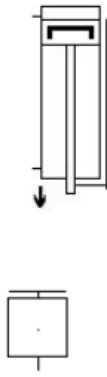


V záložce *parametry systému* (Obrázek 5.3) byl jako první hodnota zadán čas, do kterého by bylo vhodné dosáhnout pozice. Tato hodnota byla stanovena na základě odhadu. Druhou zadanou hodnotou byl požadovaný zdvih. Požadovaný zdvih pohonu byl stanoven na základě předběžného rozvržení pracoviště, Obrázek 3.1. Vzhledem k tomu, že byl pohon navrhován pro konání pohybu ve vertikální ose, byla také nastavena hodnota osového úhlu montáže. Hodnota provozního tlaku byla určena z velikosti provozního tlaku celého pracoviště. Poslední nastavenou hodnotou byla pohybovaná hmotnost. Tato hodnota byla stanovena pomocí softwaru PTC Creo Parametric a zaokrouhlena na desetiny, Obrázek 5.2. Pole s veškerými nastavenými hodnotami jsou zvýrazněny zelenou barvou na Obrázek 5.3.

1. parametry systému
2. výběr válce
3. systém
4. simulace
5. kusovník

## systémové parametry - podklady pro výběr

dále >



	očekáv. čas dosažení pozice	chtěl bych dosáhnout čas polohování:	1.5 s
základní nastavení válce	<input checked="" type="checkbox"/> s jednosměrným škrticím ventilem	požadovaný zdvih	150 mm
		osový úhel montáže	-90 deg
		radiální úhel montáže	0 deg
		směr pohybu	<input checked="" type="radio"/> vyjetí <input type="radio"/> zajižďet
napájení vzduchem	provozní tlak		6 bar
	délka hadice	jedn. pro úpr.vzd.>ventil ventil > válec	1 m
nastavení zátěže	pohybovaná hmotnost		1.6 kg
	přídavná síla nárazu		0 N
	přídavná třecí síla		0 N

dále >

Obrázek 5.3 Záložka pro nastavení parametrů systému vertikálního pohonu

V záložce *výběr válce* (Obrázek 5.4) byly vybrány vhodné pohony, které splnily podmínky stanovené v přechozím kroku. Z této nabídky byl vybrán pohon s označením **DFM-16-150-B-P-A-GF**, který byl v následujících krocích kontrolován. Zkratka **DFM** v označení určuje typ pohonu, **16** značí průměr pístu v mm, **150** značí zdvih pohonu v mm, **B** reprezentuje generaci pohonu, **P** určuje tlumení pomocí pružných dorazů, **A** určuje snímání poloh pomocí čidel na válci a **GF** určuje vedení tyčí v kluzných pouzdrech [43].

1. parametry systému    2. výběr válce    3. systém    4. simulace    5. kusovník

### válce Festo - pohony s myšlenkou - pohony pro každou úlohu

☐ jen nastavitel. pneum. tlumení v konc. polohách (PPV)  
☐ jen bezpístnicové pohony  
☐ jen průběžná pístnice (zvlášť. provedení S2)  
☐ jen pojištěné proti pootočení  
☒ jen v požadovaný zdvih 150 [mm]  
☐ jen v zdvih dle volby  
 zvolený průměr pístu - vše - ▼

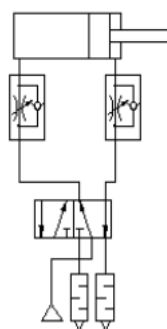
typ	č. dílu	připojení	zdvih [mm]
DFM-16-150-B-P-A-GF	529120	M5	150 mm
DFM-16-150-B-P-A-GF-AJ	529120	M5	150 mm
DFM-16-150-B-P-A-KF	529120	M5	150 mm
DFM-16-150-B-P-A-KF-AJ	529120	M5	150 mm
DFM-16-150-B-PPV-A-GF	529120	M5	150 mm
DFM-16-150-B-PPV-A-KF	529120	M5	150 mm
DFM-16-150-P-A-GF	529120	M5	150 mm
DFM-16-150-P-A-KF	529120	M5	150 mm
<div>potvrdit    přerušit</div>			
DFM-50- -B	534769	1/4	1..400
DFM-50- -B	534769	1/4	1..400
DFM-63- -B	534770	1/4	1..400

< zpět    dále >

Obrázek 5.4 Záložka pro výběr válce pro vertikální pohyb

Jako další krok byly uvedeny údaje do záložky *systém*, Obrázek 5.5. V této části byl opět stanoven provozní tlak, který je totožný s provozním tlakem pro manipulátor. Hodnoty zatížení pro výpočet momentu byly opět získány pomocí programu PTC Creo Parametric, Obrázek 5.2. Vzhledem k tomu, že popis os se v jednotlivých programech lišil, bylo třeba na tuto skutečnost dát pozor.

## výběr prvků simulace systému



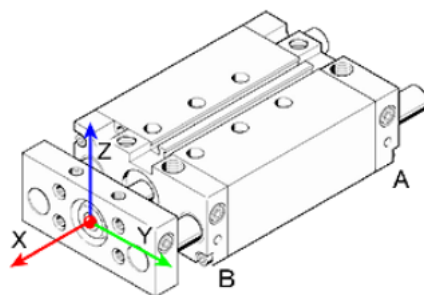
průtok  
4.4 otevření - otáčky

klikněte na označení typu nebo symbolickou značku prvku, který chcete vybrat/změnit

pohon	DFM-16-150-B-P-A-GF
<input type="checkbox"/> tlumič nárazu	
škrtkový zpětný ventil	GRLA-M5-QS-4-D
hadice [válec > ventil]	PUN-H-4x0,75-BL (1 m)
ventil	VUVG-L10-M52-RT-M5-1P3
hadice [zdroj > ventil]	PUN-H-4x0,75-BL (1 m)
tlumič hluku	

provozní tlak    bar

směr pohybu  
☐ vyjetí  
☒ zajiždět  
☒ celý pracovní cyklus



A = strana zadního víka  
 B = strana předního víka  
 ● = počátek souřadného systému

## zadání zatížení pro výpočet momentu

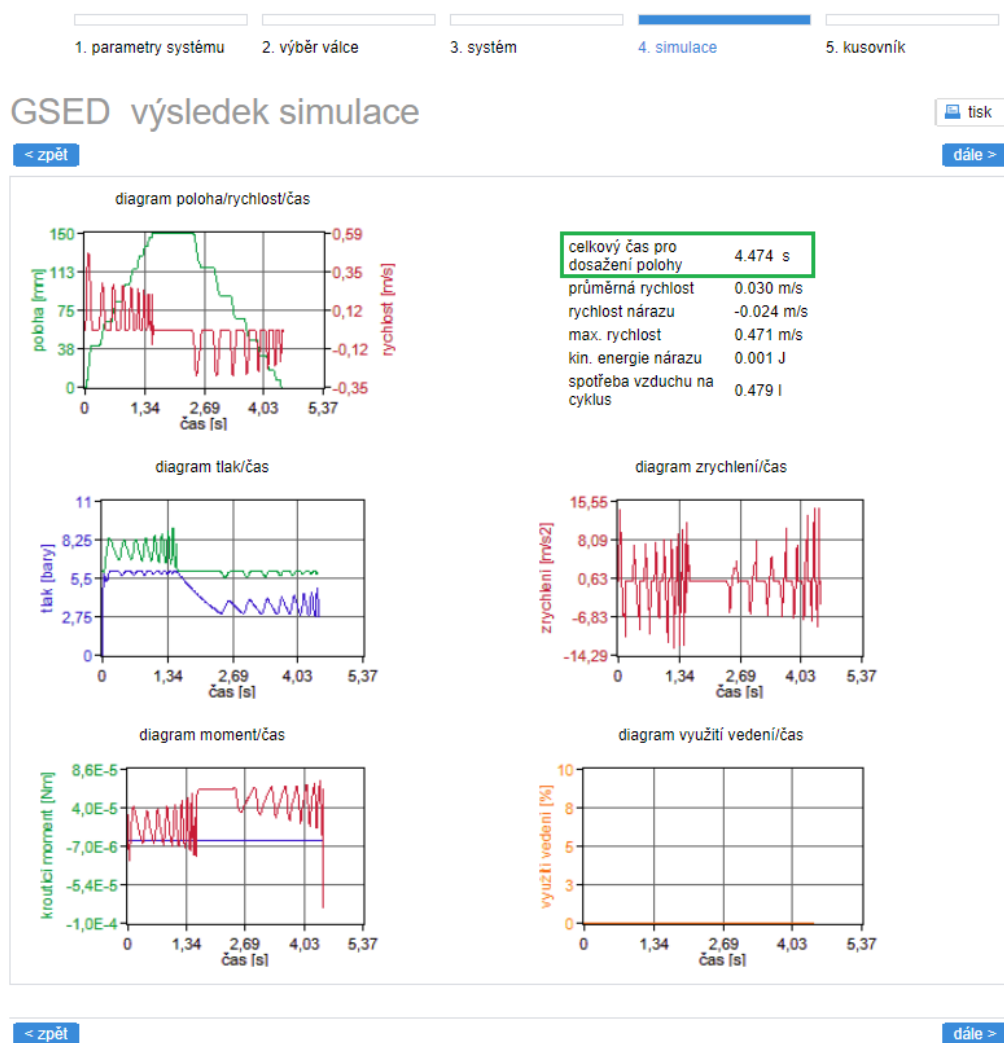
jednotlivá hmotnost		vzdálenost/rameno páky
	X	<input type="text" value="48.4"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> mm
<input type="text" value="1.6"/> kg	Y	<input type="text" value="0.002"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> mm
	Z	<input type="text" value="0"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> mm

< zpět

simulace...

Obrázek 5.5 Záložka pro nastavení simulace systému pohonu pro vertikální pohyb

Po stisknutí tlačítka *simulace* (zeleně vyznačeno v Obrázek 5.5), proběhla kontrola pohonu. Ve stejnojmenné záložce (Obrázek 5.6) bylo získáno 5 grafů, které udávají informace například o průběhu rychlosti v čase, o spotřebě tlaku v čase nebo o průběhu krouticího momentu v čase. Hlavní informací, která vyplynula z této simulace bylo, že pohon byl vhodný pro danou aplikaci. Kdyby pohon vhodný nebyl, zobrazila by se chybová hláška upozorňující na nesprávný výběr či chybně nastavené parametry. Další důležitou informací získanou ze simulace byl celkový čas pro dosažení polohy. Tento čas platí pro celý cyklus, tedy vysunutí a zasunutí pístnice. Hodnota celkového času je vyšší, než zpočátku nastavená, což nevadí, vzhledem k tomu, že původní nastavená hodnota sloužila pouze jako odhad a platila jen pro pohyb vysunutí či zasunutí pístnice, ne pro celý cyklus.



Obrázek 5.6 Záložka s výsledky simulace pohonu pro vertikální pohyby

Posledním výstupem ze simulace je záložka s názvem *kusovník*, Obrázek 5.7. V této části jsou softwarem vybrány díly, potřebné pro řízení či k provozu pohonu.

1. parametry systému   2. výběr válce   3. systém   4. simulace   5. kusovník

## kusovník

[vložit do nákupního košíku](#) [tisk](#)

	typ	název	č. dílu	
	DFM-16-150-B-P-A-GF	válec s vedením	529120	
	GRLA-M5-QS-4-D	jednosměrný škrticí ventil	193138	
	PUN-H-4X0,75-BL	hadice z plastu	197383	
	CRQST-M5-4	T-šroubení s nástrčnými koncovkami	164200	
	VUVG-L10-M52-RT-M5-1P3	elektromagnetický ventil	566457	
	CRQST-M5-4	T-šroubení s nástrčnými koncovkami	164200	
	PUN-H-4X0,75-BL	hadice z plastu	197383	

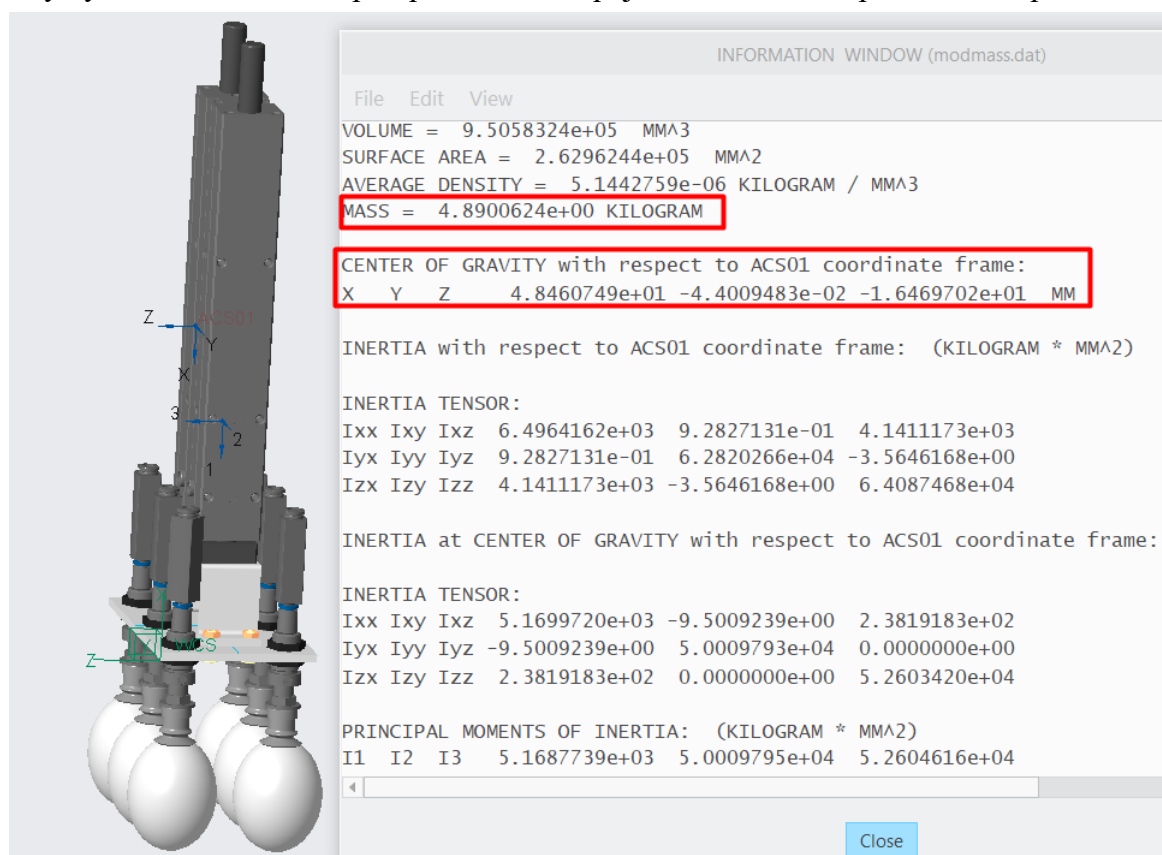
[< zpět](#) [zavřít](#)

Obrázek 5.7 Záložka s díly potřebnými pro provoz či řízení pohonu DFM

## 6. Výběr pohonu pro horizontální pohyb

Pohon pro pohyb v horizontální rovině byl vybrán podobným způsobem jako pohon pro pohyb v rovině vertikální. Pro návrh bylo opět využito softwaru od společnosti Festo, a to z důvodu, že byl vybrán opět produkt z jejich nabídky.



V prvním kroku byl vybrán typ pohonu, bezpístnicový válec s mechanickým přenosem síly. Tento pohon byl zároveň uveden výrobcem jako vhodný v kombinaci s pohonem typu DFM [43]. Jednou z nezbytných vstupních hodnot do simulace byla opět hmotnost a poloha těžiště pohybované hmoty. Pohybovanou hmotou v tomto případě byl efektor s objekty manipulace (vejci) a pohon pro vertikální pohyb. Tyto hodnoty byly zjištěny pomocí programu PTC Creo Parametric, Obrázek 6.1. Poloha těžiště byla stanovena k souřadnému systému, který byl umístěn do středu předpokládaného spojení se saněmi bezpístnicového pohonu.



Obrázek 6.1 Hmotnost a poloha těžiště efektoru s vejci, ejektory a pohonem DFM

Čas polohování, kterého by bylo dobré dosáhnout, byl opět stanoven pomocí odhadu. Hodnota požadovaného zdvihu byla určena z předběžného rozvržení pracoviště, Obrázek 3.1. Nastaven byl také radiální úhel montáže. Velikost provozního tlaku pro tento pohon je totožná s velikostí provozního tlaku pro celé pracoviště. Poslední zadanou hodnotou v této záložce byla hmotnost, která byla stanovena z Obrázek 6.1.

[dále >](#)

	očekáv. čas dosažení pozice	chtěl bych dosáhnout čas polohování:	<input type="text" value="4"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> s
	základní nastavení válce	<input checked="" type="checkbox"/> s jednosměrným škrticím ventilem	
		požadovaný zdvih	<input type="text" value="600"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> mm
		osový úhel montáže	<input type="text" value="0"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> deg
		radiální úhel montáže	<input type="text" value="90"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> deg
		směr pohybu	<input checked="" type="radio"/> vyjetí <input type="radio"/> zajíždět
	napájení vzduchem	provozní tlak	<input type="text" value="6"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> bar
	nastavení zátěže	délka hadice      jedn. pro úpr.vzd.>ventil ventil > válec	<input type="text" value="1"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> m
		pohybovaná hmotnost	<input type="text" value="1"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> m
		přídavná síla nárazu	<input checked="" type="text" value="4.9"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> kg
		přídavná třecí síla	<input type="text" value="0"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> N
			<input type="text" value="0"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> N

[dále >](#)

Obrázek 6.2 Záložka pro nastavení parametrů systému horizontálního pohonu

V záložce *výběr válce* byl vybrán pohon s označením **DGC-40-600-KF-PPV-A**, kde **DGC** značí typ pohonu, **40** průměr pístu v mm, **600** zdvih pohonu v mm, **KF** reprezentuje vedení v kuličkových oběžných pouzdrech, **PPV** je zkratka pro nastavitelné tlumení v koncových polohách a **A** značí snímání poloh pomocí čidel na válci, Obrázek 6.3 [44].

Hlavním důvodem výběru byl předpoklad, že bude potřeba většího průměru pístu. Výběr byl proveden třikrát, dokud vybraný pohon nevyhověl v simulaci.

1. parametry systému
2. výběr válce
3. systém
4. simulace
5. kusovník

### válce Festo -pohony s myšlenkou - pohony pro každou úlohu

☐ jen nastavitel. pneum. tlumení v konc. polohách (PPV)  
☐ jen bezpístnicové pohony  
☐ jen průběžná pístnice (zvlášť. provedení S2)  
☐ jen pojištěné proti pootočení  
☒ jen v požadovaný zdvih 600 [mm]  
☐ jen v zdvih dle volby

typ	č. dílu	připojení	zdvih [mm]
DGC-40-600-G-PPV-A	532449	1/4	600 mm
DGC-40-600-GF-PPV-A	532449	1/4	600 mm
DGC-40-600-GF-YSR-A	532449	1/4	600 mm
DGC-40-600-GF-YSRW-A	532449	1/4	600 mm
DGC-40-600-KF-PPV-A	532449	1/4	600 mm
DGC-40-600-KF-YSR-A	532449	1/4	600 mm
DGC-40-600-KF-YSRW-A	532449	1/4	600 mm

potvrdit
přerušit

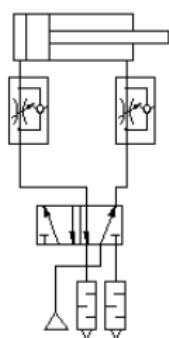
DGC-32- -	532448	1/8	1..8500
DGC-40- -	532449	1/4	1..8500
DGC-50- -	532450	1/4	1..5000
DGC-63- -	532451	3/8	1..5000

< zpět
dále >

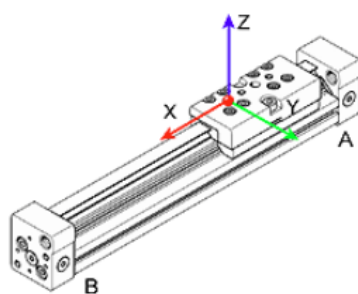
Obrázek 6.3 Záložka pro výběr válce pro horizontální pohyb

Po výběru válce byly nastaveny parametry simulace, což bylo provedeno ve stejnojmenné záložce *simulace*, Obrázek 6.4. Velikost provozního tlaku zůstala nastavena již z prvního kroku, Obrázek 6.2. Hodnoty zatížení pro výpočet momentu byly získány z 3D modelu, Obrázek 6.1. Stejně jako při návrhu předchozího pohonu, i zde bylo nutné dát pozor na různé značení os.

## výběr prvků simulace systému



nastavení PPV  
100 %  
průtok  
4.8 otevření - otáčky



A = strana zadního víka  
B = strana předního víka  
● = počátek souřadného systému

klikněte na označení typu nebo symbolickou značku prvku, který chcete vybrat/změnit

pohon	DGC-40-600-KF-PPV-A
<input type="checkbox"/> tlumič nárazu	
škrticí zpětný ventil	GRLA-1/4-QS-6-D
hadice [válec > ventil]	PUN-6x1-BL (1 m)
ventil	VUVS-L25-M52-MD-G14-F8-1C1
hadice [zdroj > ventil]	PUN-6x1-BL (1 m)
tlumič hluku	U -1/4

provozní tlak 6 bar

směr pohybu  
☐ vyjetí  
☐ zajiždět  
☒ celý pracovní cyklus

### zadání zatížení pro výpočet momentu

jednotlivá hmotnost		vzdálenost/rameno páky
	X	0.044 mm
4.9 kg	Y	48.46 mm
	Z	16.47 mm

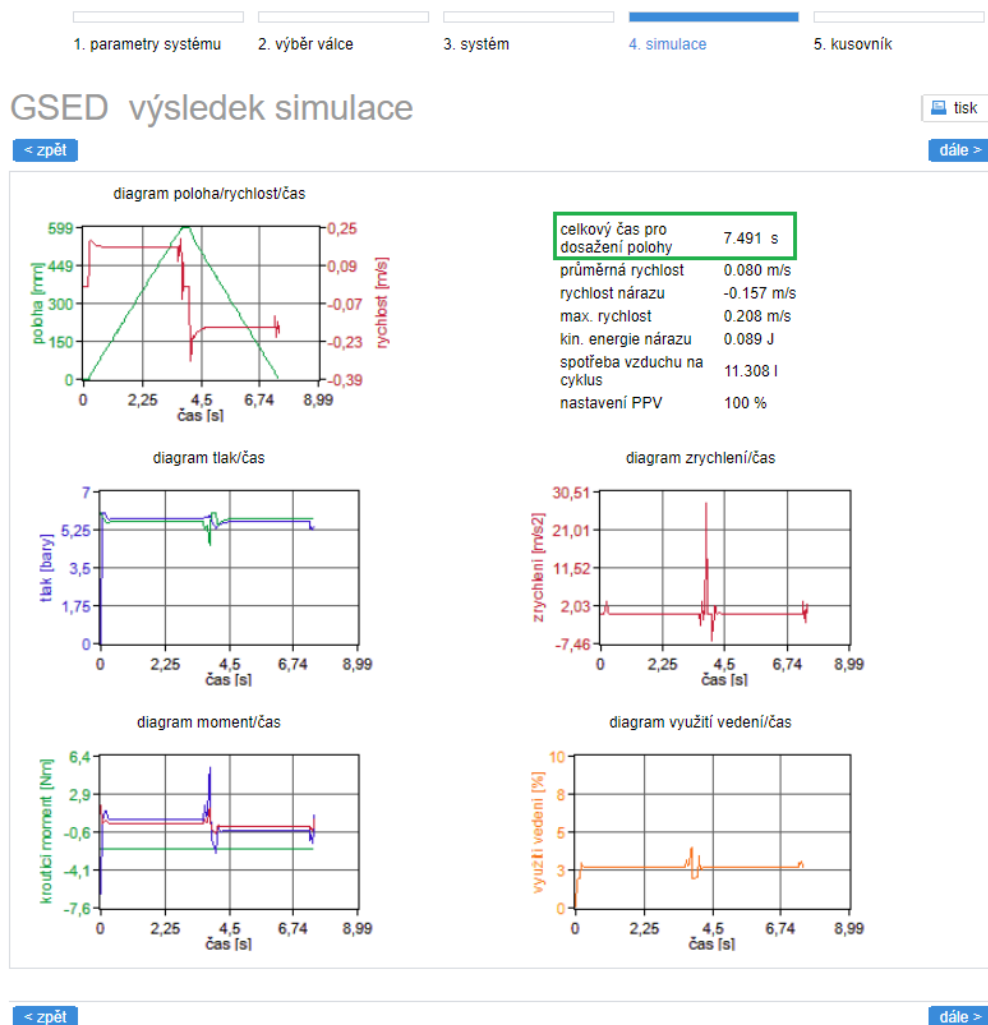
< zpět

simulace...

Obrázek 6.4 Záložka pro nastavení simulace systému pohonu pro horizontální pohyb

Výsledkem simulace bylo opět 5 různých grafů s informacemi o rychlostech, zrychleních nebo krouticích momentech působících na pohon, Obrázek 6.5. Vybraný pohon byl dle simulace vhodný pro danou aplikaci. Výsledný celkový čas pro dosažení polohy byl navíc nižší než stanovený čas v prvním kroku, kde byly nastaveny parametry systému.





Obrázek 6.5 Záložka s výsledky simulace pohonu pro horizontální pohyb

V poslední záložce byly softwarem vybrány komponenty vhodné pro řízení a provoz vybraného systému, Obrázek 6.6.

1. parametry systému 2. výběr válce 3. systém 4. simulace 5. kusovník

## kusovník

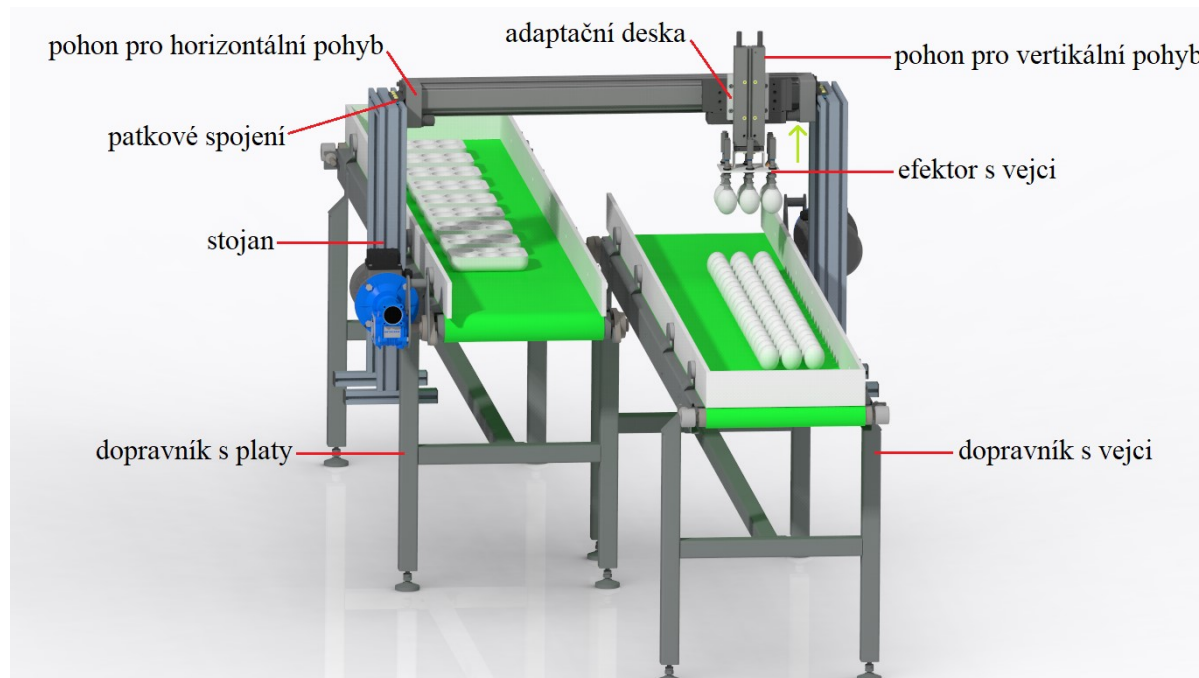
[vložit do nákupního košíku](#) [tisk](#)

	typ	název	č. dílu
	DGC-40-600-KF-PPV-A	přímočarý pohon	532449
	GRLA-1/4-QS-6-D	jednosměrný škrticí ventil	193146
	PUN-6X1-BL	hadice z plastu	159664
	QS-1/4-6	nástrčné šroubení	153003
	VUVS-L25-M52-MD-G14-F8-1C1	elektromagnetický ventil	575511
	U-1/4	tlumič hluku	2316
	QS-1/4-6	nástrčné šroubení	153003
	PUN-6X1-BL	hadice z plastu	159664

Obrázek 6.6 Záložka s díly potřebnými pro provoz či řízení pohonu DGC

## 7. Celková sestava

Výsledná konstrukce manipulátoru se skládá z efektoru, pohonů pro pohyb ve vertikální a horizontální rovině a ze stojanu. Horizontální pohon je patkami přichycen z obou stran. To znemožňuje přívod vzduchu do pohonu z boku. Nicméně tento pohon je vybaven více přívody a mohl by tak být napájen ze spodní strany (Obrázek 7.1, zeleně naznačeno šipkou).



Obrázek 7.1 Celková konstrukce manipulátoru s periferiemi

Horizontální a vertikální pohon jsou k sobě připevněny pomocí adaptační desky a šroubových spojení. Tuto desku nabízí i výrobce, ale pouze pro jisté kombinace velikostí pohonů. Pro zvolené dvě velikosti tuto komponentu nenabízí, a tak musela být vytvořena.

Stojan manipulátoru je vytvořen pomocí nástroje Framework v programu PTC Creo Parametric. Skládá se z hliníkových profilů od společnosti Bosch. Tento stojan bude ještě podložen stolkem, ke kterému by měl být připevněn.

Dopravníky v modelu nebyly vytvořeny, ale staženy z webu [46]. V modelu slouží pouze pro vytvoření lepší představy o možné podobě celku.

## 8. Závěr

V první kapitole je uvedeno základní rozdělení pneumatických pohonů. Jednotlivé typy jsou popsány v následujících podkapitolách. Jsou stručně popsány jejich funkce a základní části. Lze se také dočíst, kde jednotlivé typy nachází své uplatnění.

Druhá kapitola se zabývá prvky, které jsou potřeba pro řízení pneumatických pohonů, také zvanými ventily. Je vysvětleno jejich základní značení, ovládání, těsnění. Jsou rozděleny podle dvou kritérií, a to dle konstrukce a dle funkce. Zvláštní podkapitola je poté věnována proporcionálním ventilům. Všechny ventily jsou popsány z pohledu funkčnosti, je vysvětleno jejich konstrukční uspořádání a napsáno k čemu slouží.

Na základě znalostí z teoretické části byl navržen manipulátor. Nejprve byla popsána manipulační úloha, kterou bude zařízení konat. Manipulátor má za úkol zakládat vejce z jednoho dopravníku do plat, která jsou na dopravníku druhém. Byl vytvořen seznam základních požadavků na konstrukci, jako například hmotnost objektu manipulace, základní rozměry pracoviště, zdroj energie apod. Dále byl popsán objekt manipulace a požadavky na něj, což bylo potřeba vzhledem k nepravidelnému tvaru vajec a jejich křehkosti.

Jako první část byl navržen efektor, kdy byly jako úchopné prvky využity přísavky. Tyto úchopné prvky byly vybrány na základě jejich využití v praxi. Pro zaručení správné funkce přísavky byl vybrán také ejektor, prvek pro tvorbu vakua v přísavce.

Pro návrh obou pohonů, konajících pohyb v horizontální a vertikální rovině, bylo využito simulačního programu od jejich výrobce. Celý postup návrhu byl popsán skrze obrázky, které byly vytvořeny pomocí výstřižků přímo z průběhu návrhu.

Práce je doložena 3D modelem manipulátoru a jeho pracoviště v programu PTC Creo Parametric a výkresovou dokumentací.

## **Poděkování**

Zde bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Milanu Miholovi, Ph.D. za velice trpělivý přístup a za poskytnutí cenných rad a podnětů k zamyšlení.

## Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] SMC Industrial Automation CZ s.r.o. *TRAINING Stlačený vzduch a jeho použití*. 3. vydání. SMC Industrial Automation CZ s.r.o.
- [2] *Jak správně vybrat pneumatický válec* [online]. [cit. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/poradna/jak-vybrat-pneumaticky-valce/>
- [3] *Řez jednočinným pneumatickým válcem* [online]. [cit. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://encyklopediapoznania.sk/clanok/7450/jednocinny-valec-pneumaticky>
- [4] *Řez dvojčinným pneumatickým válcem* [online]. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://encyklopediapoznania.sk/clanok/7449/dvojcinny-valec-pneumaticky>
- [5] *Katalog pneumatických válců* [online]. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/cs\\_cz/19647.htm](https://www.festo.com/cms/cs_cz/19647.htm)
- [6] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy*. 1. vyd. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov, 1991
- [7] *Tandemový pneumatický válec* [online]. [cit. 2020-01-11]. Dostupné z: <https://www.comoso.com/product/actuators-stages-and-cylinders/pneumatic-cylinders/duplex-mult-stage/duplex-tandem-air-cylinders>
- [8] Kolektiv autorů. *Úvod do pneumatiky*. Praha: FESTO Didactic, 1994. ISBN 80-01-00042-7
- [9] *Robotické pohonné systémy* [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <http://www.roboticsbible.com/robot-drive-systems.html>
- [10] *Bezpečnostní pneumatické válce* [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_010300](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_010300)
- [11] *Bezpečnostní válec s magnetickým přenosem síly s externím vedením* [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <http://www.chinaexpress.cz/cs/item/CY1L20-700-SMC-type-CY1S-CY1B-CY1L-series-20mm-bore-700mm-stroke-Ball-Bushing-Bearing-Magne.tically/32817279849.html>
- [12] *Vlastnosti pneumatických pohonů* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: [https://www.tzb-info.cz/docu/texty/0001/000102\\_at2.pdf](https://www.tzb-info.cz/docu/texty/0001/000102_at2.pdf)
- [13] SKAŘUPA, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, [2008]. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [14] *Katalog hydraulických pohonů od firmy Bosch Rexroth* [online]. [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: [https://www.boschrexroth.com/irj/portal/anonymous/eShop?guest\\_user=anonymousEN&display=catalog&bridgeSelectedCatalog=BRI&bridgePageId=](https://www.boschrexroth.com/irj/portal/anonymous/eShop?guest_user=anonymousEN&display=catalog&bridgeSelectedCatalog=BRI&bridgePageId=)
- [15] *Kompaktní suport s valivým vedením* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/skupiny-prvku/kompaktni-suport-s-presnym-valivym-vedenim>

- [16] ŠOLTYS, D. Kyvné pneumatické motory: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2015, 48 s. Vedoucí práce: Dvořák, L.
- [17] *Kyvné křídlové pohony* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/cs\\_cz/53717.htm](https://www.festo.com/cms/cs_cz/53717.htm)
- [18] *Prezentace k e-learning: SMC - kurz 101, Pneumatické systémy* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://smctraining.mrooms.net/mod/scorm/player.php?a=199&torg=TOC1&scoid=398&sesskey=2xo535UcHI&display=popup&mode=normal>
- [19] *Kyvný pohon DRRD* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DRRD\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DRRD_CZ.PDF)
- [20] *Vzduchové měchy* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/EB\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/EB_CZ.PDF)
- [21] *Fluidní sval*, [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/cs\\_cz/18684\\_18691.htm#id\\_16386](https://www.festo.com/cms/cs_cz/18684_18691.htm#id_16386)
- [22] *Řez fluidním svalem* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17274722-Fluidni-svaly-dmsp-mas.html>
- [23] *Středicí jednotka* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/macm-centering-unit~161029~cfg>
- [24] *Membránový pohon* [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/964>
- [25] *Membránový pohon* [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://www.polnacorp.eu/cz/katalog/detail/P1-R1/26.html>
- [26] *Mechanicky ovládaný ventil* [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/vm200-rada-200-mechanicky-rucne-ovladany-2-2-a-3-2-ventil~126116~cfg>
- [27] *Ventil s nepřímým elektromagnetickým ovládáním* [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/sv3000-elektromagneticky-neprimo-ovladany-5-2-a-5-3-ventil-vsechna-provedeni~34685~cfg>
- [28] *Ventil s přímým elektromagnetickým ovládáním* [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/produkty/pneumaticke-prvky-ventily-a-rozvadec-zpetne-ventily-6073/ridici-zpetny-ventil.html>
- [29] *Presentation on theme: "Valves Non-return valves Flow control valves Pressure control valves"* [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://slideplayer.com/slide/5668959/>
- [30] *Regulátor tlaku* [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/ar20-b-to-ar60-b-regulator-regulator-w-backflow-function~128986~cfg>

- [31] *Od 1. průmyslové revoluce ke 4.* [online]. [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: [https://www.technickydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4\\_31001.html](https://www.technickydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html)
- [32] *Porovnání hydraulických a pneumatických pohonů* [online]. [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/hydraulicke-a-pneumaticke-pohony-ve-strojirenstvi.html>
- [33] *Porovnání hydraulických, pneumatických a elektrických pohonů* [online]. [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/porovnani-pneumatickych-hydraulicnych-a-elektrickych-linearnich-pohonu>
- [34] *Základy elektrických pohonů* [online]. [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: [http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske\\_FS/prednasky/sylab\\_pohony\\_bc%20FS.pdf](http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske_FS/prednasky/sylab_pohony_bc%20FS.pdf)
- [35] *Proporcionální redukční ventil VPPM* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/VPPM-G\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/VPPM-G_CZ.PDF)
- [36] *Proporcionální průtokový ventil VPCF* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_VPCF?CurrentIDCode1=VPCF-6-L-8-G38-6-V1-E-EX2&CurrentPartNo=8041714](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_VPCF?CurrentIDCode1=VPCF-6-L-8-G38-6-V1-E-EX2&CurrentPartNo=8041714)
- [37] *Proporcionální průtokový ventil VPCF - info* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/VPCF\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/VPCF_CZ.PDF)
- [38] *Výňatek z katalogu přísavek* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: [http://www.veemtrading.cz/new/img/cms/katalogy/vakuove-prisavky/odvetvi/potravinarsky/en/4-1027-BDS\\_FIPA-SL-E-Vakuumsauger\\_en\\_US.pdf](http://www.veemtrading.cz/new/img/cms/katalogy/vakuove-prisavky/odvetvi/potravinarsky/en/4-1027-BDS_FIPA-SL-E-Vakuumsauger_en_US.pdf)
- [39] *Obecná charakteristika slepičího vejce* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vejce>
- [40] *Informace o přísavkách Festo* [online]. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/cs\\_cz/9830.htm](https://www.festo.com/cms/cs_cz/9830.htm)
- [41] *Katalog vakuových ejektorů VN* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/VN\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/VN_CZ.PDF)
- [42] *Katalog s produkty od společnosti Festo* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products)
- [43] *Katalog válce s vedením DFM, Festo* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DFM\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DFM_CZ.PDF)
- [44] *Katalog bezpístnicového válce DGC, Festo* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DGC\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DGC_CZ.PDF)
- [45] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy: Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava, 2008. Skriptum. VŠB-TUO.
- [46] *Dopravník* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/conveyor-belt-with-guide-rails-1>
- [47] *Katalog vakuových přísavek ESG* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/ESG\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/ESG_CZ.PDF)

## 9. Seznam příloh

### Příloha A: Výkresová dokumentace

- Výkres sestavy – Pracoviště
- Výrobní výkres – Ohýbaný nástavec
- Výrobní výkres – Deska efektoru
- Výrobní výkres – Adaptační deska

### Příloha B: Úložiště katedry – Tereza Hanáková – Bakalářská práce 2020

Obsah složky:

- Složka: 3D model:
  - 3D modely v programu PTC Creo 5.0.3.0
  - Výkresy v programu PTC Creo 5.0.3.0
- Složka: Bakalářská práce ve formátu PDF a DOCX
- Složka: Výkresy:
  - Výkresy ve formátu PDF